



U CATÓLICA
de Colombia

ANALISIS Y OPTIMIZACION DEL CONFORT PARA UN PROYECTO EN ZONA
ANTIGUA CONSOLIDADA DE LA CIUDAD DE BOGOTA, CON EL FIN DE MEJORAR
EL RENDIMIENTO ENERGETICO.

ARQ. LIZETH EUGENIO VARGAS

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE DISEÑO
PROGRAMA DE MAESTRIA EN DISEÑO SOSTENIBLE
BOGOTA D.C

2018

ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONFORT PARA UN PROYECTO EN ZONAS
ANTIGUAS CONSOLIDADAS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, CON EL FIN DE MEJORAR
EL RENDIMIENTO ENERGÉTICO.

LIZETH DANITZA EUGENIO VARGAS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de:

Maestría en Diseño Sostenible

Director temático

Arq. NATALIA MEDINA

Asesora Metodológica:

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE DISEÑO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN DISEÑO SOSTENIBLE

BOGOTÁ D.C

2018



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Contenido

	pág.
Introducción	11
1. Descripción del Problema	12
1.1 Planteamiento del Problema	12
1.1.1 Planteamiento del problema	12
1.2 Formulación del Problema	13
1.3 Justificación del Proyecto	14
1.4 Alcance	16
1.5 Delimitaciones	16
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo General	19
2.2 Objetivo Especifico	19
3. Marco Referencial	20
3.1 Antecedentes	20
3.2 Marco Teórico	23
3.3 Consumo Energético – Emisiones Gei	24
3.4 Rehabilitación Sostenible	25
3.5 Confort	27
3.6 Marco Legal	29
4. Diseño Metodológico	32
4.1 Tipo de Investigación	32
4.2 Población y Muestra	32
4.2.1 Población	32

4.2.2 Muestra	32
4.3 Instrumento y Recolección de Información	32
5. Desarrollo	36
5.1 Localización	36
5.1.1 Ubicación del proyecto	36
5.2 Variables Climáticas	38
5.3 Hipótesis del Edificio	53
5.4 Diagnostico	57
5.4.1 Normatividad aplicable	57
6. Propuesta	97
Referencias	109

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. HOBO Temperature/Relative Humidity/Light/External Data Logger	17
Figura 2. T-DCI-F900-S-O Sensor Velocidad Aire (0.15 - 5 m/s) y Temperatura	18
Figura 3. Mapa de Colombia	36
Figura 4. Mapa de Bogota	37
Figura 5. Área de estudio	38
Figura 6. Temperatura Bulbo Seco	39
Figura 7. Temperatura de bulbo Húmedo	40
Figura 8. Temperatura mensual de bogota	41
Figura 9. Trayectoria solar anual	42
Figura 10. Total Radiación	43
Figura 11. Temperatura promedio del viento	44
Figura 12. Frecuencia del Viento	45
Figura 13. Humedad relativa	46
Figura 14. Perfil de vientos	47
Figura 15. Pluviosidad anual	48
Figura 16. Orientación correcta	49
Figura 17. Cantidad de pisos por manzanas	50
Figura 18. Ubicación del proyecto	50
Figura 19. Topografía de Bogotá	51
Figura 20. Nivel Topográfico del proyecto	51
Figura 21. Datos exteriores climáticos del lugar	52
Figura 22. Densidad ocupacional y población flotante del edificio	53

Figura 23. Horario de ocupación	54
Figura 24. Consumo total de energía de 8 pisos	55
Figura 25. Carga de consumo del piso 10.	56
Figura 26. Índice UGR máximo y los niveles de iluminancia requeridos para diferentes áreas y actividades	57
Figura 27. Datos de iluminación interior del piso 10	58
Figura 28. Rango de temperatura operativa aceptable para espacios naturalmente condicionados	60
Figura 29. Distancias mínimas de separación para tomas de aire exterior	61
Figura 30. Reutilización de aire de acuerdo al espacio	62
Figura 31. Descripción internacional de zonas climáticas	63
Figura 32. Requisitos de envolvente para la zona climática 3	64
Figura 33. Temperatura interior del aire	65
Figura 34. Humedad Relativa interior	66
Figura 35. Velocidad del aire	66
Figura 36. Datos de temperatura	67
Figura 37. Datos de temperatura del 07 de mayo de 2018.	68
Figura 38. Datos de temperatura del 08 de mayo de 2018.	69
Figura 39. Datos de temperatura del 09 de mayo de 2018.	70
Figura 40. Datos de temperatura del 10 de mayo de 2018.	71
Figura 41. Datos de temperatura del 11 de mayo de 2018.	72
Figura 42. Ubicación de herramienta de medición	73
Figura 45. Características de funcionario encuestado del piso 10	75
Figura 46. ¿Como percibe su lugar de trabajo?	76

Figura 47. ¿Como le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?	77
Figura 48. ¿Como encuentra su lugar de trabajo?	78
Figura 49. ¿Como califica su lugar de trabajo?	79
Figura 50. Placa en concreto reforzado de 25 cm una cámara de aire de 10 cm y una superficie de cielo raso de 5 cm	80
Figura 51. Placa en concreto reforzado de 25 cm una cámara de aire de 10 cm y una superficie de cielo raso de 5 cm	80
Figura 52. División en láminas de yeso con cámara de aire 10 cm	81
Figura 53. División en láminas de yeso con cámara de aire 10 cm	82
Figura 54. Vidrio sencillo de 3mm	82
Figura 55. Zonificación del piso 10	83
Figura 56. Temperaturas por zonas del piso 10.	84
Figura 57. Temperatura promedio del 7 al 11 de mayo del 2018 del piso 10	84
Figura 58. Temperatura promedio por zonas	85
Figura 59. Porcentajes de confort	86
Figura 60. Temperatura promedio del 7 al 11 de octubre del 2002 del piso 10	87
Figura 61. Temperatura por zonas del piso 10	87
Figura 62. Temperatura promedio por zonas	88
Figura 63. Porcentajes de confort	88
Figura 64. Factor luz diurna promedio por zonas del piso 10	89
Figura 65. Simulación CFD	90
Figura 66. Simulación CFD velocidad de aire con apertura fachada oriente y fachada occidente.	91
Figura 67. Simulación CFD velocidad de aire apertura fachada oriente- occidente	91

Figura 68. Simulación CFD velocidad de aire apertura fachada norte – sur	92
Figura 69. Simulación planta CFD velocidad de aire apertura fachada norte – sur	92
Figura 70. Simulación CFD temperatura apertura fachada oriente – occidente	93
Figura 71. Simulación CFD temperatura apertura fachada oriente – occidente	93
Figura 72. Simulación CFD temperatura apertura fachada oriente – occidente	94
Figura 73. Simulación CFD temperatura apertura fachada sur y fachada norte	94
Figura 74. Simulación CFD temperatura apertura fachada oriente y fachada occidente	95
Figura 75. Cuadro comparativo de temperaturas simulación vs mediciones	95
Figura 76. Vidrio doble generic clear 6mm con cámara de aire 13mm	97
Figura 77. Vidrio doble generic clear 6mm con cámara de aire 13mm y un vidrio interior generic grey 6mm	98
Figura 78. Vidrio doble generic clear 3mm con cámara de aire 12mm	98
Figura 79. Zonificación del piso 10	99
Figura 80. Zonificación del piso 10	100
Figura 81. Temperatura operativa por zonas	101
Figura 82. Rango de confort	102
Figura 83. Simulación iluminación natural del piso 10	103
Figura 84. Simulación CFD velocidad del piso 10	104
Figura 85. Simulación CFD temperatura del piso 10	104
Figura 86. Propuesta para la optimización del consumo	105

Introducción

El propósito de este trabajo es plantear las estrategias pasivas pertinentes para optimizar el confort térmico y el rendimiento energético de un edificio ubicado en la zona céntrica de la ciudad de bogota y declarado bien de interés cultural. A lo largo del documento se evaluarán las condiciones climáticas con las que cuenta externamente el edificio y las diferentes variables térmicas al interior del mismo, tomando como punto de partida el piso con el peor nivel de confort según las mediciones realizadas. Posterior a esto, se toman en cuenta cada una de las variables influyentes dentro del desarrollo del mismo y basados en los diferentes estándares internacionales y normas nacionales se realizan las diferentes propuestas.

1. Descripción del Problema

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 Planteamiento del problema. El problema ambiental más difícil en el que se encuentran los seres vivos en la actualidad es el cambio climático, ya que es el responsable de establecer como se continúan desarrollando los diferentes ecosistemas; este efecto perturba todo el planeta ya que el clima es el que determina los parámetros de vida como lo son la seguridad de las ciudades, la actividad económica, los distintos medios para obtener la alimentación.

A medida que pasa el tiempo se generan cambios culturales, sociales, económicos y tecnológicos que alteran la utilidad de las construcciones; las edificaciones antiguas han ido perdiendo valor histórico por las distintas transformaciones aceleradas y sin planificación, cabe mencionar las distintas demandas de acuerdo a las nuevas políticas públicas gubernamentales, que pretenden albergar en edificios ya construidos un sin número de funcionarios sin tener en cuenta la comodidad y el bienestar de las personas, estos espacios se ven declarados obsoletos para un uso específico, sin asumir el reto de reutilización de los espacios y nuevas adecuaciones en edificios antiguos, que permiten potencializar y pretender una evolución en el tiempo preservando aquel elemento identificativo de su razón de ser, de su historia, de su forma de entender y comprender el crecimiento de un bien patrimonial.

El caso de estudio presenta espacios que a medida del tiempo han sido adecuados para usos distintos de los que fueron planeados, desconociendo los parámetros de acondicionamiento de acuerdo a la norma de confort Ashrae 55. La definición del programa implica elaborar un análisis y evaluación para conocer las condiciones actuales de los espacios al interior del edificio, que permita la formulación y planeación de espacios con funcionalidad que supla las distintas

demandas institucionales, sin que destruya la identidad arquitectónica, teniendo como eje fundamental las condiciones de conservación patrimonial.

Por otro lado, en consideración a los compromisos adquiridos por Colombia en el marco del COP21, el gobierno a través de diferentes iniciativas como la Resolución 0549 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, estableció distintos parámetros y lineamientos de construcción sostenible el cual es de obligatorio cumplimiento para todas las construcciones nuevas a partir de julio de 2016, lo anterior, busca mitigar uno de los riesgos al posible cambio climático, sin tener en cuenta una evaluación de los consumos energéticos provenientes de las construcciones tradicionales, que por su antigüedad y carencia de tecnología no contiene principios y criterios para un buen uso eficiente de energía y diferentes alternativas que puedan encaminar edificaciones con las normas actuales nacionales anteriormente mencionadas.

Se hace necesario reconocer valores que permitan pensar con responsabilidad a los arquitectos sobre la transformación de edificios del pasado que los encaminan hacia el futuro, que si es posible, debe, acoplarse en el presente con un fin fundamental y de claro interés social, económico y cultural en un tiempo en el que solo se piensa en disponer áreas para la expansión a nuevas construcciones, abandonando y despoblando aquellos edificios con carácter patrimonial e histórico.

1.2 Formulación del Problema

Teniendo en cuenta el planteamiento anterior surge la siguiente pregunta de investigación ¿mediante que estrategias de diseño se puede contribuir a la optimización energética y del confort en un proyecto en zona de tratamiento de conservación histórica?

1.3 Justificación del Proyecto

En la actualidad, un gran número de infraestructuras se encuentran sin uso, en otros casos habitado sin tener en cuenta como eje principal el confort de los usuarios mediante un diseño que utilice estrategias que no modifique la identidad arquitectónica teniendo en cuenta los parámetros exigidos para edificios en zonas antiguas consolidadas de la ciudad de Bogotá.

El cambio climático es un hecho y el impacto afecta a todos los seres vivos, de acuerdo al informe de evaluación (IPCC, 2014), en donde se expuso al mundo las fluctuaciones que envuelven el desarrollo y comportamiento del clima del planeta en la actualidad y en el futuro. Desde ese instante, múltiples estudios han generado resultados en donde se considera al calentamiento global, una consecuencia del aumento de las emisiones y relación con la escasez de recursos.

La construcción es uno de los mayores generadores de huella de carbono, según la Organización de las Naciones Unidas (2015) “se prevé que en el año 2050, el 80% de la población mundial vivirá en ciudades; eso implica más construcción, mayores servicios (mayor contaminación)”. (p.1) Según el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (2012) “se calcula que el sector residencial y de oficinas, a nivel mundial, consume el 40% de energía, 30% de emisiones de carbono (CO₂) que van a la atmosfera, 50% materias primas, 50% de desperdicios y 20% de agua potable”. (p.1)

Los escenarios de mitigación en Colombia según el ABC de las negociaciones climáticas, corresponden principalmente a eficiencia energética, a la sustitución de combustibles e incorporación de nuevas tecnologías con el fin de cumplir con el compromiso de mitigación adquirido por Colombia, “el cual consta de reducir el 20% de emisiones de gases efecto

invernadero frente a las emisiones proyectadas al 2030.”. (García, Barrera, Gómez & Suárezm, 2015, p.13)

Para lograr grandes cambios no solo corresponde condicionar el consumo de combustibles fósiles por ser un recurso finito, también existe un argumento que demuestra que el consumo en energía para iluminación, aire acondicionado, electricidad y calefacción produce dióxido de carbono (CO₂), siendo éste uno de los principales responsables del efecto invernadero. Evidentemente se halla un vínculo inmediato entre las construcciones, el cambio climático y calentamiento global.

Según el ciclo de vida de los materiales el proceso desde la cuna o extracción del material pasando por la producción, el transporte y puesta en la puerta del lugar para la construcción demanda gran cantidad de energía, a pesar de esto, el consumo considerable de energía se produce a lo largo de la vida útil de la construcción.

Es por esto que la reducción del consumo energético depende de manera muy revelador de la forma en que entendamos los principios básicos que influyen en cómo se comportan las construcciones en su contexto inmediato.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario realizar el presente estudio de tal manera que se logre mejorar el rendimiento energético y optimizar el confort de un edificio ubicado en zona de tratamiento de conservación histórica en la ciudad de Bogotá, estableciendo estrategias de confort basados en los requisitos mínimos para ambientes ahrsae 55 y tomando como línea base el porcentaje de ahorro para el consumo de energía de un edificio según la resolución 0549 de Colombia.

1.4 Alcance

El trabajo de grado “análisis y optimización del confort para un proyecto en zonas antiguas consolidadas de la ciudad de Bogotá, con el fin de mejorar el rendimiento energético” partirá de realizar un diagnostico donde se analizará el estado actual en términos de confort lumínico, confort térmico y consumo energético de 3 pisos del edificio bancol; para la investigación se tomo el piso 3, 7 y 10 donde se identificaron diferentes usos como: auditorio, biblioteca, oficinas, salas de juntas, cafetería y servicios como baños y cafetín.

Posterior a esto, se obtendrán datos iniciales (actuales) los cuales permitirán establecer cuales son los factores y variables para las cuales hay que obtener y desarrollar las diferentes estrategias, teniendo en cuenta la normatividad establecida, con el fin de lograr la optimización del confort y el mejoramiento energético de la población muestra y la población objetivo

1.5 Delimitaciones

Este proyecto se realizará en el edificio Bancol, perteneciente a la zona antigua de la ciudad de Bogotá. Las mediciones a realizarse y sobre las que se tomarán decisiones para generar estrategias se realizarán en los pisos 3,7 y 10.

De una amplia oferta de equipos en el mercado se escogieron dos para la obtención de los datos interiores; HOBO Data Loggers U12-012 y un sensor de velocidad del aire T-DCI-F900-S-O. Ambos equipos fueron ubicados en cada una de las 8 oficinas en una base a 1 metro de altura y a una distancia promedio de los puestos de trabajo evaluados.

El HOBO fue utilizado para la medición de la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) e intensidad de luz (lux). Las características del equipo son las siguientes; Temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) con un rango de -20° a 70°C (-4° a 158°F), una exactitud de $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$ de 0° a 50°C ($\pm 0.63^{\circ}\text{F}$

de 32° a 122°F), una resolución de 0.03°C a 25°C (0.05°F a 77°F), una deriva de 0.1°C/año (0.2°F/año) y con un tiempo de respuesta de 6 minutos típico 90% en un flujo de aire de 1m/s (2.2mph). Humedad relativa (%) con un rango de 5% a 95%, una exactitud de $\pm 2.5\%$ de 10% a 90% RH típica, hasta un máximo de $\pm 3.5\%$ incluyendo histéresis a 25°C (77°F); abajo de 10% y arriba de 90% $\pm 5\%$ típica, una resolución de 0.05% RH y una deriva de $<1\%$ por año típico; RH histéresis 1%. Intensidad de luz con un rango de 1 a 3000 footcandles (lúmenes/ft²) típica; el valor máximo varía entre 1500 a 4500 footcandles (lúmenes/ft²), una exactitud diseñada para la medición en interiores de niveles relativos de luz. Las características del sensor de velocidad son las siguientes; rango del modelo “O” 0.15 - 5 m/s (30 - 985 fpm), rango del modelo “P” 0.15 - 10 m/s (30 - 1969 fpm), exactitud de más del 10% de lectura o ± 0.05 m/s o 1% escala plena, estándar medio de aire en la presión estándar (101.3 kPa, 29.95" Hg), rango de temperatura operativa 15 – 35 C (59 – 95 F), almacenamiento de temperatura de -10 a 100C y un tiempo de respuesta de 1,5 s.



Figura 1. HOBO Temperature/Relative Humidity/Light/External Data Logger

Fuente: Onsetcomp, 2018.



Figura 2. T-DCI-F900-S-O Sensor Velocidad Aire (0.15 - 5 m/s) y Temperatura

Fuente: Alphaomega, 2018.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Analizar y optimizar el confort para un proyecto en zonas antiguas consolidadas de la ciudad de Bogotá, con el fin de mejorar el rendimiento energético.

2.2 Objetivo Especifico

Identificar y analizar las diferentes variables climáticas que permitan determinar el comportamiento térmico del edificio.

Caracterizar bajo parámetros bioclimáticos el edificio ubicado en la carrera 8 Número 12B-31, zona de conservación histórica, teniendo en cuenta la normatividad internacional de confort Ahsrae 55.

Evaluar cuantitativamente el consumo de energía que permita determinar las pérdidas y ganancias de los equipos y procesos.

Caracterizar energéticamente el edificio teniendo en cuenta el cumplimiento de los parámetros exigidos por la resolución 0549 de Colombia.

Identificar y proponer estrategias activas y/o pasivas que responda a los estándares de confort térmico y que minimicen el consumo energético de la edificación.

Comparar información resultante de las distintas caracterizaciones y las propuestas de estrategias.

3. Marco Referencial

3.1 Antecedentes

Título: Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual.

Autores: *Flavio Celis D'Amico.*

Aporte: En este proyecto se presenta de forma breve una imagen global y un tanto generalista de la arquitectura bioclimática, teniendo en cuenta los conceptos básicos, las condiciones de partida y la relación que tienen con los aspectos de conservación ambiental, ahorro de energía y con el desarrollo sostenible. Igualmente, se toma como referencia la metodología empleada para el análisis de la génesis de un proyecto de arquitectura bioclimática, lo cual permite obtener un panorama actual de las últimas tendencias disponibles, junto con las perspectivas futuras.

Título: Evaluación de modelos de confort térmico para interiores.

Autores: Bruno Damián Arballo, Ernesto Kuchen, Yesica Alamino-Naranjo, Alción Alonso-Frank.

Aporte: En este proyecto se analizan los problemas que se pueden presentar para mejorar el funcionamiento de los edificios, además de la búsqueda de un punto de equilibrio entre los factores de eficiencia energética y de confort térmico para los usuarios. En los argumentos se deduce que las variables se encuentran en conflicto, ya que se limita la capacidad de ahorrar energía en componentes de climatización por el consumo de energía y que puede producir disconformidad térmica. En los resultados se toma en cuenta la medición de las variables y la construcción de modelos matemáticos. Se determina que el modelo de confort térmico más

relevante se basa en el voto medio de confort (PMV en inglés Predicted Mean Vote). Este modelo esta integrado en la norma ISO 7730, entre otras similares, por lo cual es utilizado en diferentes países para la evaluación del confort térmico en edificios. El modelo matemático se basa en experimentos realizados en cámara climática controlada con una población de estudiantes universitarios que fue utilizado en condiciones ambientales regulares en instalaciones con climatización total. Otros estudios posteriores han determinado que los usuarios pueden obtener mayor confort si se adoptan sistemas capaces de adaptarse a los ocupantes y que tomen datos del espacio en tiempos reales. Es importante tener en cuenta los diferentes análisis y comparaciones que se realizan de los estudios y modelos de confort térmico, ya que ofrece argumentación importante para hacer una correcta adaptación tecnológica con la finalidad de definir los modelos acordes a casos particulares.

Título: El control adaptativo en instalaciones existentes y su potencial en el contexto del cambio climático.

Autores: Daniel Sánchez García, Carlos Rubio Bellido, Madelyn Marrero Melendez, Francisco Javier Guevara García, Jacinto Canivell.

Aporte: Se estudia la problemática que se presenta en la mayoría de los edificios de oficinas por el alto consumo de energía ocasionado por el uso de sistemas HVAC, los cuales permite ofrecer un confort térmico pero dejando de lado los consumos energéticos. El propósito de la investigación es minimizar la demanda y el consumo energético pero sin descuidar las condiciones de confort térmico adaptativo. Para esto se toma en cuenta el condicionamiento de temperaturas de consigna adaptativas que se pueden calcular por medio de la metodología propuesta en la norma EN 15251. Igualmente, se tiene en cuenta la identificación que se puede hacer del potencial de los procedimientos para aplicarlos a contextos climáticos proyectados para

los años 2020, 2050 y 2080.

Título: Thermal Comfort and Occupants' Feedback. Literature Review in Historical and Non-Historical Buildings.

Autores: Martínez Molina, Antonio; Tort Ausina, Isabel; Mendoza, Claudia; Cerra Rubio, Sergio; Vivancos Bono, José Luis.

Aporte: En este proyecto se realiza una interesante revisión de la literatura sobre la percepción que tienen los ocupantes de edificaciones en cuanto al ambiente interior. Para esto, se utiliza el enfoque de adaptación a la modelización del confort térmico donde se tiene en cuenta la percepción de temperatura que se puede ver afectada por las prácticas culturales y técnicas del contexto. Según los resultados, la adaptación térmica se puede relacionar con tres aspectos: ajuste conductual, aclimatación fisiológica y habituación psicológica. Sin embargo, el elemento de control individual en el confort también se puede analizar en lo relacionado con la adaptación psicológica y de comportamiento. El aporte de estos enfoques es el uso común de las encuestas como instrumento para obtener información sobre el ambiente interno y para la comprensión de variables como la satisfacción de los usuarios y el grado de importancia que le otorgan al confort térmico. Se recomiendan los cuestionarios basados en el uso de escalas de siete puntos o más específicamente, el uso metodologías como ASHRAE y Bedford.

Título: Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, problemas y estrategias.

Autores: Domingo Acosta.

Aporte: En este proyecto se aborda la problemática generalizada sobre la calidad de vida de las personas que se verá afectada por las condiciones climáticas del planeta, pero que exponen la necesidad de no comprometer el uso de los recursos naturales para las generaciones futuras. Este

análisis se presenta como una preocupación por las alteraciones que recibe el medio ambiente natural a causa de la actividad humana. Este estudio se toma por su enfoque multifocal, el cual tiene en cuenta aspectos tecnológicos, sociales, políticos, económicos, ambientales y éticos para desarrollar estrategias que pueden tenerse en cuenta para definir las características ideales que pueden incorporarse en las edificaciones en términos de sostenibilidad y eco eficiencia.

3.2 Marco Teórico

Patrimonio:

La ciudad tiende a hacer un cuerpo vivo y dinámico, desde sus inicios la estructura de ciudad está expuesta a múltiples transformaciones de acuerdo a las diferentes políticas públicas del momento, toda esta evolución no tiene en cuenta algún patrón que permita contar su origen y contribuya a una lectura sensible de la historia y su valor patrimonial. De acuerdo a lo anterior, asegura Arango (1989) que:

Nuestras ciudades prácticamente se hicieron bajo el dictamen arquitectónico y urbanístico del movimiento moderno y sus técnicas. En todas ellas subsiste aun una porción porción siempre en peligro de desaparecer que precariamente mantiene todavía la memoria acumulada de los 400 años anteriores de la historia arquitectónica. (p.209)

El Ministerio de Cultura de Colombia (2016), menciona que “el patrimonio cultural de la Nación se divide en dos grandes tipologías: el patrimonio material y el patrimonio inmaterial”. (p.1), en consideración a esto, nace EL PEMP como una oportunidad para reconocer de forma integral el patrimonio de la ciudad de Bogotá como componente de identificación y valoración del patrimonio cultural; El plan Especial de Manejo y Protección – PEMP, “es el instrumento de planeación y gestión del patrimonio cultural de la Nación, mediante el cual se establecen las acciones necesarias con el objetivo de garantizar la protección, conservación y sostenibilidad de los Bienes de Interés Cultural”.(Ministerio de Cultura, 2009, p.1) Según lo establecido por el

Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial (2009), en el decreto 763 de 2009:

Los BIC (Bienes de Interés Cultural) deben establecer mecanismos o determinantes que permitan la recuperación y sostenibilidad, así mismo, generar las condiciones y estrategias para el mejor conocimiento y la apropiación de los bienes por parte de la comunidad, con el fin de garantizar su conservación y su transmisión a futuras generaciones. (p.1)

“El patrimonio material solo puede alcanzar su verdadero significado cuando arroja luz sobre los valores que le sirven de fundamento. Y a la inversa, el patrimonio inmaterial debe encarnarse en manifestaciones materiales”. (Munjeri, 2008, p.19)

3.3 Consumo Energético – Emisiones Gei

La COP21 establece el marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020 lo cual terminó con la adopción del Acuerdo de París que como es sabido, 195 países mediante políticas publicas constituyen normativas para el cumplimiento de compromisos en pro-del medio ambiente con verdaderas bases ecológicas; Colombia de acuerdo a estudios elaborados por el IDEAM predijo el panorama de emisiones a largo plazo si no se toman medidas, lo cual, haría responsable al país de un 0.46% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, estas emisiones podrían aumentar cerca de 50% en el 2030, por lo anterior se comprometió a reducir el 20% de sus emisiones de gases de efecto invernadero.

De acuerdo al IDEAM y PNUD en la presentación del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero construido con valores hasta el año 2016, informa que el sector de minas y energía consume actualmente el 10%, siendo este, uno de los sectores que más aumentaron en emisiones para la serie 1990-2012 con un 85%.

En la medida que se hace uso de combustibles fósiles para el consumo de energía se emiten Gases de Efecto Invernadero que aumentan el calentamiento, generando así una

retroalimentación positiva al actual problema, no solo esta situación genera una importante dependencia energética debido al uso de los combustibles fósiles, sino que además el consumo de energía por parte del sector la edificación; según indica la corporación líder en estas mediciones que es Cornare, que lleva un proceso largo involucrando al sector empresarial, que es el que más impacta con los GEI en una región conurbada y con industrias, la media per cápita colombiana por persona es 1,7 toneladas, A nivel empresarial las cifras son más complejas, pues depende de la actividad productiva, la cantidad de personal y los procesos productivos que se lleven a cabo,

En tema de eficiencia energética y sostenibilidad, los edificios clásicos no tenían en cuenta la aplicación de algunas normas internacionales, en su momento no existían códigos de eficiencia energética para su aplicación, por lo anterior el desarrollo de proyectos de rehabilitación de edificios, consiste en darle vida a la arquitectura que ha hecho parte de la historia, teniendo en cuenta que la construcción establezca nuevos usos que favorezca su sostenibilidad y sea acoplada bajo los lineamientos de la resolución 0549 del 10 de Julio de 2015 “por el cual se reglamente el capítulo 1 del título 7 de la parte 2, del libro 2 del decreto 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones”.

3.4 Rehabilitación Sostenible

El término rehabilitación hace referencia al proceso de mejorar un edificio. Sostenibilidad es un término amplio que describe el deseo de llevar a cabo actividades sin agotar los recursos naturales ni crear daños medioambientales. La rehabilitación sostenible describe el trabajo que se hace en un edificio existente para mejorar su comportamiento medioambiental utilizando métodos y/o materiales sostenibles. Por ejemplo, el aislamiento o el uso de energías renovables

que permiten reducir al mínimo el consumo de energía, el ruido y los residuos. Para llevar a cabo una Rehabilitación Sostenible se necesita hacer un estudio previo que evalúe las diferentes mejoras y nos indique cuáles son más rentables antes de implementarlas (Assiego, 2013). Normalmente, esto requiere llevar a cabo una auditoría energética en la que se realice una recopilación de datos que caractericen el estado actual del edificio y una serie de simulaciones que nos permita estimar tanto la situación actual como las posibles medidas de ahorro. Cuanto mayor sea la precisión de los datos y de los modelos, más calidad tendrán las estimaciones y menos riesgos habrá en las inversiones que se tengan que hacer. Sin embargo, no siempre es posible llevar a cabo auditorías con un alto nivel de detalle y en consecuencia, no siempre es posible recopilar datos y utilizar modelos con una alta precisión. Esto hace que la inversión correspondiente sea incierta.

Rem koolhaas, expone que reutilizar es más sostenible que cualquier modo de edificar nuevo, con un ahorro energético y de contaminación aproximado del 60%, basado en suponer que un proyecto de reutilización mantiene la estructura y al menos el 50% de la mampostería. Por lo tanto, la reutilización permitiría ahorrar respecto a la obra nueva un 42,25% (estructura), más 0,5 •23,75% (mampostería), es decir, un 54,125% del total invertido en obra nueva. Se trataría de una actuación que adicionalmente permitiría mejorar la eficiencia energética del edificio antiguo a los estándares actuales.

En relación a lo anterior menciona Riascos (2013) “la supervivencia de un edificio depende de su capacidad de adaptación cuando existe la opción de otorgarle la oportunidad de vivir de nuevo, poniéndolo en valor, integrándolo a las exigencias de la vida contemporánea”. (p.45)

3.5 Confort

La Organización Mundial de la Salud (2013) define el confort como “un estado de completo bienestar físico, mental y social”. (p.1). La norma internacional (ISO 7730:2005), presenta métodos para la medición de la sensación térmica general y el grado de incomodidad o insatisfacción térmica de las personas expuestas a ambientes térmicos moderados. El confort térmico al cual nos referiremos es en gran parte un estado de la mente, la percepción de comodidad, un balance de energía influenciado por las variables que afectan la transferencia de calor.

El enfoque más común para la caracterización del confort térmico para los fines de diseño y predicción ha sido para correlacionar los resultados de los experimentos psicológicos a las variables de análisis térmico. El nivel de confort es caracterizado a menudo mediante la escala de sensación térmica (ASHRAE) American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, que ha desarrollado un consenso para describir los requisitos de confort en los edificios. El estándar se conoce como la norma ASHRAE 55 de 2004, el propósito de esta norma es especificar las combinaciones de factores ambientales y los factores personales que producirán las condiciones térmicas aceptables para la mayoría de los ocupantes en el espacio.

El bienestar térmico se determina, mediante el cálculos que predice la respuesta significativa de la mayoría de las personas acorde a la escala de sensación térmica ASHRAE, que indica el grado de aceptación del ambiente en consideración (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, 2004).

Se considera importante tener en cuenta variables notables para dicho planteamiento, por tanto se debe considerar la aplicación de sistemas pasivos y activos que genere el confort deseado

de una edificación. Según Olgyay (1963):

El proceso lógico sería trabajar con las fuerzas de la naturaleza y no en contra de ellas, aprovechando sus potencialidades para crear unas condiciones de vida adecuadas. Aquellas estructuras que, en un corto determinado, reducen tensiones innecesarias aprovechando todos los recursos naturales que favorecen el confort humano, pueden catalogarse como climáticamente equilibradas. (p.24-218)

Simulación energética:

La falta de datos tomados por estaciones meteorológicas y actualización de los mismos ha obstaculizado el proceso de investigación sobre la geografía y el comportamiento climatológico, es por esto que se han desarrollado diferentes sistemas computacionales que pueden brindar resultados aceptables que permiten aproximar las investigaciones a un proceso real.

El modelado o simulación ha generado distintas hipótesis, esto se debe a la necesidad de pronosticar un comportamiento en los siguientes años, la modelación de espacios contiene variables que se encuentran vinculados con ecuaciones que constituyen un edificio frente a variables que componen el clima del entorno inmediato y permiten determinar la conducta del espacio lo cual generara un extenso campo de estudio al momento de diseñar estrategias que mejoren el confort del mismo, permitiendo la toma de decisiones que conlleven a la reducción del consumo energético principalmente en el proceso de rehabilitación de edificios como también en construcciones nuevas.

Para la investigación actual se tomara como herramienta de modelación para el cumplimiento y desarrollo de los objetivos el software Design Buidier que proporciona una avanzada interfaz con características y mejoras que incluyen significativas mejoras de productividad para LEED y ASHRAE 90.1 PRM, modelado de luz natural basado en el clima, resultados gráficos de simulación en el modelo y un nuevo conjunto de herramientas de scripting para permitir

simulaciones de EnergyPlus personalizado. Otros aspectos destacados incluyen simulación combinada de calor y humedad, nuevas herramientas de modelado de costes, calefacción / refrigeración radiante de superficie y un componente de intercambiador de calor fluido a fluido que abre la puerta al modelado de una amplia gama de nuevos sistemas HVAC.

3.6 Marco Legal

Alcaldía de Bogota (2001), en el decreto 606 de 2001, indica que:

Los inventarios de los inmuebles clasificados como de conservación integral, conservación tipológica y restitución, considerados como inmuebles de interés cultural o localizados en sectores antiguos de interés cultural y en sectores de interés cultural con desarrollo individual, que se encuentra contenido en el listado Anexo No que hace parte integral del presente decreto.

El decreto 606 de 2001 se tendrá en cuenta en la investigación para determinar.

Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial (2015), en la resolución 0549 del 10 julio de 2015, nos indica cuales deben ser los porcentajes mínimos y medidas de ahorro de agua y energía que deben lograr conseguir las nuevas edificaciones y adoptar la guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

La resolución se aplica en la investigación para determinar con relación a las variables del estándar, con cuales estrategias se obtiene el cumplimiento de ahorro energético.

American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (2013), Ahsrae 55 DE 2013 “Termal Evironmental Conditions For Human Occupancy”:

El estándar internacional Ahsrae 55 es un método que permite determinar las condiciones térmicas aceptables en edificios climatizados, esta norma combina variables térmicas ambientales y personales que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables a la mayoría de los

ocupantes en un espacio.

El Ahsrae 55 se aplica en la investigación para estandarizar los rangos de confort del lugar de análisis de acuerdo a la ubicación con el propósito de medir y determinar un promedio de temperatura al interior del edificio caso base.

Retilap:

La normatividad establece los parámetros que se deben cumplir para el diseño e instalación de los distintos sistemas de iluminación y alumbrado público, direccionados a avalar los niveles de confort lumínico y calidad de la energía lumínica requerida en los usuarios y en los usos establecidos por zonas, así mismo reduciendo el impacto al medio ambiente.

El retilap se aplica en la investigación para determinar el rango lumínico aceptable que debe existir en el lugar para el confort de los usuarios, así mismo identificando cual sistema de iluminación cumple los parámetros que reduzcan el impacto al medio ambiente.

AHSRAE 62.1 del 2013:

El propósito de este estándar es especificar ratas mínimas de ventilación y otras medidas destinadas a proveer una calidad de aire interior que es aceptable para las personas y que minimiza efectos adversos a la salud. La normativa está destinado para una aplicación reglamentaria a nuevos edificios, mejoras a edificios existentes, y aquellos cambios a edificios antiguos que son identificados por el estándar, adicionalmente está dirigido para ser usada en las mejoras de la calidad del aire en recintos cerrados de edificios ya construidos.

El ashrae 62.1 se aplica en la investigación para estandarizar los rangos de ventilación apropiados para el edificio base dependiendo del uso, de esta manera se identificara cual será el

volumen de ventilación apropiado para garantizar la renovación de aire si es necesario.

ANSI / ASHRAE / IES Estándar 90.1:

Estándar de energía para edificios Excepto edificios residenciales de baja altura es un estándar nacional estadounidense publicado por ASHRAE y patrocinado conjuntamente por el IES que proporciona requisitos mínimos para diseños energéticamente eficientes para edificios excepto edificios residenciales de poca altura (es decir, viviendas unifamiliares, edificios multifamiliares de menos de cuatro pisos, casas móviles y casas modulares). El estándar original, ASHRAE 90, se publicó en 1975. Ha habido múltiples ediciones desde entonces. En 1999, el Consejo de Administración de ASHRAE votó a favor de establecer el estándar de mantenimiento continuo, basado en los rápidos cambios en la tecnología energética y los precios de la energía. Esto permite que se actualice varias veces en un año. El estándar pasó a llamarse ASHRAE 90.1 en 2001. Desde entonces se ha actualizado en 2004, 2007, 2010, 2013 y 2016 para reflejar tecnologías más nuevas y eficientes.

Alcaldía Mayor de Bogotá (2010). Resolución 2001 DE 2010, “Por el cual se delimitan cartográficamente los sectores de la ciudad en los que procede el uso del plano de manzana catastral y se dictan otras disposiciones”.(p.1)

En el artículo 2 de la misma se definen las zonas antiguas de la ciudad a la que pertenece el edificio en estudio a lo largo del documento.

4. Diseño Metodológico

4.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación es de naturaleza cuantitativo de tipo descriptivo, dado que en una investigación sistemática de las diferentes variables presentes en el mismo, esto, a través de diferentes técnicas basados en la medición.

De igual manera, se utilizan métodos tales como el desarrollo de instrumentos y métodos de medición, manipulación de variables y evaluación de resultados.

4.2 Población y Muestra

4.2.1 Población. La población esta compuesta por el piso 3, el piso 7 y el piso 10 del edificio Bancol, el cual se encuentra ubicado en la zona de la candelaria, declarada zona antigua de la ciudad de Bogotá.

Dicho edificio es de uso institucional y cada uno de los pisos mencionados se encuentran zonificados de manera diferente.

4.2.2 Muestra. Se estableció como muestra el piso 10 del edificio Bancol, teniendo en cuenta que cuenta con características similares a los otros pisos involucrados en la investigación

4.3 Instrumento y Recolección de Información

Al detectar cada una de las variables a tener presentes, surge la necesidad de contar con datos reales dentro de cada uno de los pisos que se está teniendo en cuenta en la investigación, por lo cual se considera necesario contar con un equipo de medición de dichas variables dentro del espacio objetivo, dado que son estos valores a obtener los que permitirán un modelamiento adecuado según las condiciones actuales

Teniendo en cuenta lo anterior, se instala un equipo de medición, el cual arrojará los datos necesarios para realizar la caracterización del espacio, en cuanto a variables bioclimáticas y del entorno.

De igual manera, se realizan durante determinados días, una encuesta en cuanto a la sensación y percepción de los trabajadores del piso, considerando que son quienes se encuentran en todo momento en el mismo

En el momento de contar con los datos de las encuestas y el del equipo de medición, se realiza un cruce, tabulación y se obtienen los resultados del estado actual de la muestra

Metodología:

Objetivo: Identificar y analizar las diferentes variables climáticas que permitan determinar el comportamiento térmico del edificio.

Actividades a realizar: Realizar el levantamiento de información de cantidad de funcionarios mediante conteo de los puestos de trabajo y puestos auxiliares; Población flotante teniendo en cuenta los ingresos a cada uno de los pisos del edificio; sistemas activos al interior del edificio mediante el conteo de cada sistemas actualmente instalados; Revisar bases de datos climáticos y geográficos del entorno mediante información obtenidos desde ideam y datos exportados desde el software weathertools, Rhino de Ladybug.

Objetivo: Caracterizar bajo parámetros bioclimáticos el edificio ubicado en la carrera 8 Número 12B-31, zona de conservación histórica, teniendo en cuenta la normatividad internacional de confort Ahsrae 55.

Actividades a realizar: Revisar y analizar la norma de confort ashrae 55 donde se relacione las variables del entorno anteriormente recolectadas, para definir el rango de confort térmico indicado para el proyecto; Evaluar mediante el software Design Builder las características climáticas del edificio que permitan determinar bajo parámetros de confort el estado actual del edificio.

Revisar y analizar la normal RETILAP de Colombia donde se relacione las variables del proyecto, para definir los niveles de luminancia que se debe tener en cuenta para el proyecto.

Objetivo: Evaluar cuantitativamente el consumo de energía que permita determinar las pérdidas y ganancias de los equipos y procesos.

Actividades a realizar: Evaluar cuantitativamente el consumo de energía mediante las especificaciones de cada uno de los sistemas actualmente instalados en el edificio; mediante información suministrada por el edificio donde se evidencia el consumo energético facturado los últimos 3 años.

Objetivo: Caracterizar energéticamente el edificio teniendo en cuenta el cumplimiento de los parámetros exigidos por la resolución 0549 de Colombia.

Actividades a realizar: Revisar y analizar la resolución 0549 de Colombia donde se relacione las variables del proyecto, para definir los parámetros de consumo que se debe tener en cuenta para el proyecto.

Objetivo: Identificar y proponer estrategias activas y/o pasivas que responda a los estándares de confort térmico y que minimicen el consumo energético de la edificación.

Actividades a realizar: Caracterizar el piso 10 mediante simulaciones empleadas en el software design builder donde permita evaluar la mejor estrategia bioclimática que oriente el cumplimiento de las normas ASHRAE 55, RESOLUCION 0549, RETIE.

Objetivo: Comparar información resultante de las distintas caracterizaciones y las propuestas de estrategias.

Actividades a realizar: Evaluar valores producto de la caracterización mediante el método comparativo que permita establecer similitudes y discrepancias entre un modelo base y un modelo bajo parámetros bioclimáticos que demuestre los beneficios de un diseño sostenible.

5. Desarrollo

5.1 Localización

5.1.1 Ubicación del proyecto. El proyecto se encuentra situado en la ciudad de Bogotá – Colombia, localizado en las siguientes coordenadas; latitud: 4°36'35" N, longitud 74°04'54" O, Zona Horaria UT-5:00 - Elevación: 2547 m.s.n.m.



Figura 3. Mapa de Colombia

Fuente: Secretaria Distrital de Planeación Bogota, 2010.



Figura 4. Mapa de Bogotá

Fuente: Secretaria Distrital de Planeación Bogotá, 2010.

El proyecto se encuentra específicamente en la localidad numero 17, situado al centro oriente de la ciudad, comprendiendo el centro histórico de Bogotá, denominado como el importante centro turístico, educativo y comercial de la ciudad.



Figura 5. Área de estudio

Fuente: Secretaria Distrital de Planeación Bogotá, 2010.

5.2 Variables Climáticas

La ciudad de Bogotá tiene un clima de montaña por su baja latitud, sobre la cordillera oriental de los andes de Colombia, atravesada por corrientes de agua, especialmente por el río Bogotá que desemboca en el salto del Tenquendama las variables climáticas se detallan a continuación:

Temperatura bulbo seco – humedad relativa:

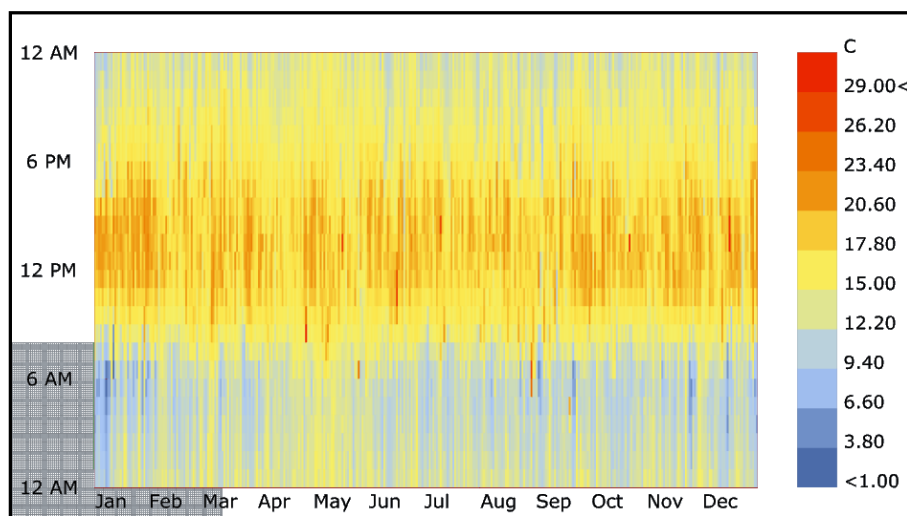


Figura 6. Temperatura Bulbo Seco

Fuente: Rhino – Ladybug.

El comportamiento de la temperatura del bulbo seco durante el año se marca entre la mas baja con 3°C y la mas alta con 29°C; durante el mes de enero, noviembre y diciembre se evidencian las temperaturas mas bajas y en el mes de agosto se evidencia la temperatura mas altas. Las horas con incidencias altas de temperatura según la Figura 6 se da entre las 10:00 am y las 4:00 pm y las mas frias en horas de la madrugada. Las variaciones anteriormente mostradas representan un desafio en el momento de tomar decisiones ya que el uso que posee el edificio con relacion a las temperaturas, deben garantizar el confort termico al interior de cada espacio en horas de ocupacion, teniendo en cuenta que las ganancias diagnosticadas en las temperaturas no afecten el confort de los usuarios.

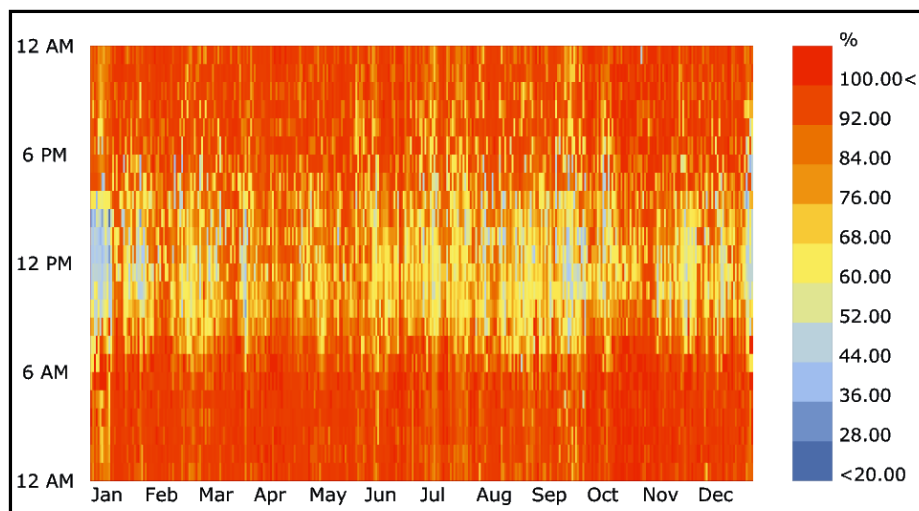


Figura 7. Temperatura de bulbo Húmedo

Fuente: Rhino – Ladybug.

La humedad en la ciudad de Bogotá aumenta hasta un 100% siendo esta la mas alta de todos los meses del año en horas donde específicamente no se presenta la radiacion solar, esta conducta temporal se presenta en los meses de lluvias como lo son: abril, mayo, octubre y noviembre, los valores mas bajos de humedad se presentan entre las 10:00 am a 4:00 pm con un 28% de humedad donde se pueden presentar bajas posibilidades de lluvias como lo son: enero, febrero, julio y agosto. Los demas meses la humedad tiene una variacion debido a que son meses de cambio donde se puede presentar volumenenes humedos y secos.

De acuerdo al análisis de las gráficas de temperatura de bulbo seco y de humedad relativa podemos identificar que son inversamente proporcionales es decir a mayor temperatura menos humedad, en el ambiente esto quiere decir que el momento en el día donde menor humedad puede llegar a producirse es sobre el medio día y en las noches la humedad relativa aumenta, esto nos da como resultado al observarlo en los periodos de análisis mensuales que desde finales de mayo a mediados de agosto es donde podríamos llegar a tener una mayor sensación térmica.

También podemos ver como en los meses de menor temperatura la humedad relativa es más alta y esto nos da como resultado una posibilidad de lluvias mal altas.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES														SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL		
VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)																
FECHA DE PROCESO : 2009/09/04														ESTACION : 2120579 APTO ELDORADO PI		
LATITUD	0442 N			TIPO EST	SP	DEPTO			BOGOTA D.C.			FECHA-INSTALACION		1972-FEB		
LONGITUD	7409 W			ENTIDAD	01	IDEAM			MUNICIPIO			BOGOTA			FECHA-SUSPENSION	
ELEVACION	2547 m.s.n.m			REGIONAL	11	BOGOTA			CORRIENTE			BOGOTA				

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *	

1998	1	01	14.6	15.0	15.2	15.6	14.8	14.5	13.8	13.8	13.9	14.2	14.4	13.9	14.5	
1999	1	01	13.6 3	13.7	13.6	13.9	14.0	13.5	13.8 3	13.4	13.2	13.3	13.6	13.4	13.6 3	
2000	1	01	12.9	13.2	13.5	13.7	13.8	14.2	13.3	13.5	13.0 3	13.5	13.2 3	13.0	13.4 3	
2001	1	01	12.5	13.5	14.0	14.2	14.2	13.8	13.6	13.9	13.2	14.2	13.9	14.7	13.8	
2002	1	01	13.8	14.3	14.2	14.4	14.9	14.3	14.3	14.2	14.1	14.2	14.0	14.5	14.3	
2003	1	01	14.0	14.6	14.3	14.5	14.7 3	13.5	13.6	13.7	13.3	13.5	13.3	13.5	13.9 3	
2004	1	01	13.0	13.5	14.1	13.5	14.0	13.7	13.1	13.6	13.0 3	13.3	13.6		13.5 3	
2005	1	01		14.1	13.9	14.4			13.9	13.6	13.6	13.1	13.3	13.1	13.7 3	
2006	1	01	13.5	13.8	13.3	13.5	13.7	13.8	13.8	13.9	13.8	13.7	13.5	13.5	13.7	
2007	1	01	14.0	13.1	13.7	13.9	13.8	13.5	13.8	13.2	13.5 3	13.0	13.2	12.8	13.5 3	
2008	1	01	13.0	13.0 3	13.0	13.3	13.3	13.5	13.2 3	13.1	13.3	13.0	13.5	13.0	13.2 3	
2009	1	01	13.2	13.4	13.1	14.1	14.2	14.3							13.7 3	
MEDIOS			13.5	13.8	13.8	14.1	14.1	13.9	13.7	13.6	13.4	13.5	13.6	13.5	13.7	
MAXIMOS			14.6	15.0	15.2	15.6	14.9	14.5	14.3	14.2	14.1	14.2	14.4	14.7	15.6	
MINIMOS			12.5	13.0	13.0	13.3	13.3	13.5	13.1	13.1	13.0	13.0	13.2	12.8	12.5	

Figura 8. Temperatura mensual de bogota

Fuente: IDEAM

En consideración a la figura 8, la temperatura promedio tomada desde la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto el dorado es de 13,7 °C según el Ideam; para la investigación se toma la temperatura promedio mostrada desde la estación meteorológica ubicada en San Cristóbal revelando un valor de 13,5 °C, ya que esta se encuentra a 3km de distancia del lugar del proyecto.

Graficas solar estereográfica:

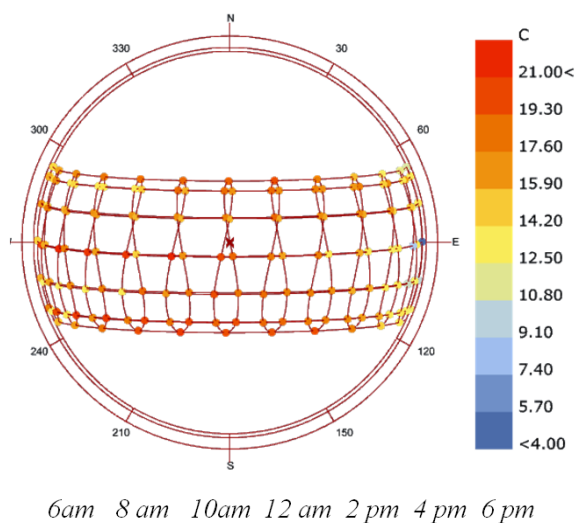


Figura 9. Trayectoria solar anual

Fuente: Rhino – Ladybug.

La trayectoria solar nos indica el recorrido que tiene el sol de acuerdo al mes del año y la hora del día, en consideración a la figura 9 podemos evidenciar que la temperatura anual se encuentra entre 4°C y 21°C, se muestra que el nacimiento del sol se da por el este de la ciudad ocultándose al oeste, la temperaturas más alta se muestra en los meses de mayo, junio y julio, también se muestra que los meses con variaciones de temperaturas mayores se da en marzo, abril, agosto y septiembre.

Por lo anterior se concluye que la estrategia para el proyecto con las condiciones anteriormente expuestas debe garantizar que el recorrido solar, diario y mensual no afecte la temperatura operativa interna de los espacios del edificio, lo anterior relacionado con el uso interno del proyecto para resolver cual sería la solución indicada entre permitir la pérdida o ganancia de energía.

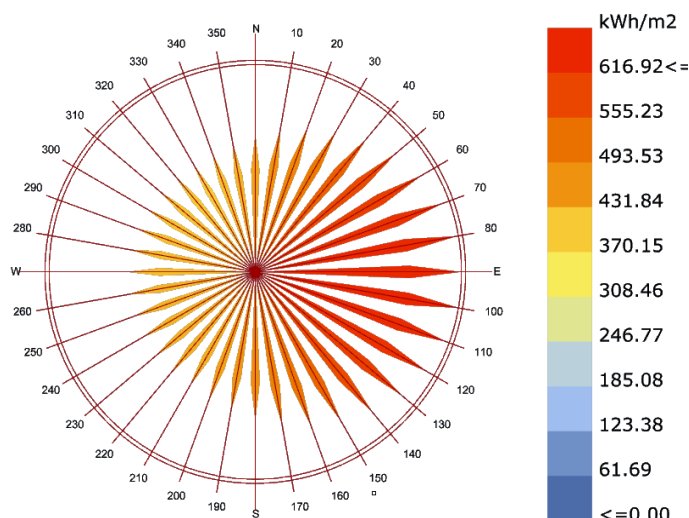


Figura 10. Total Radiación

Fuente: Rhino – Ladybug.

La carga de energía que tiene la radiación solar en Bogotá se evidencia en la figura 10, donde evidentemente la mayor incidencia solar se da desde el oriente hasta con 616.92 kwh/m2, las menores incidencias se presentan al occidente de Bogotá desde 308.46 kwh/m2 hasta 370.15 kwh/m2. Con el sunpad de ladybug nos muestra como en los meses de mayor temperatura la dirección de los rayos solares vienen de noroccidente esto es en los meses cercanos al solsticio de verano en los meses de junio y en los meses cercanos al solsticio de invierno la dirección de los rayos solares vienen de suroriente en sol naciente donde la mayor radiación solar proviene de estas dos direcciones esto quiere decir que la mayor protección solar se debe ubicar en estas posición.

Rosa de los vientos:

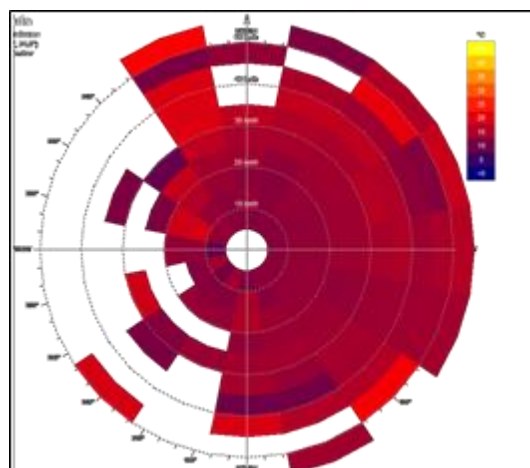


Figura 11. Temperatura promedio del viento

Fuente: Weather tool.

La temperatura promedio del aire se encuentra entre 5°C y 40°C, trayendo desde el norte los aires con temperatura más alta con valores de 30 °C a 35 °C, las temperaturas más frías provienen del oriente con valores bajos entre 5°C y 15°C.

Por lo anterior se concluye que la solución a plantear, en caso de presentar un valor alto en temperatura operativa al interior del proyecto, es garantizar una temperatura de confort a través de la dirección del aire desde el este de la ciudad, que conserven temperaturas bajas internas y permita renovar las temperaturas al interior del edificio.

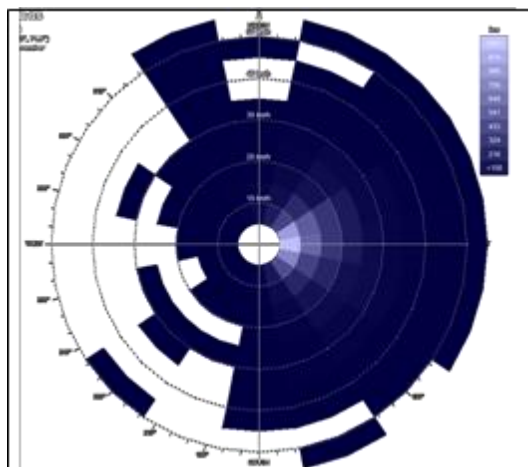


Figura 12. Frecuencia del Viento

Fuente: Weather tool.

La frecuencia del viento en la ciudad de bogota se presenta desde 10 km/h hasta 50 km/h con temporadas prolongadas en el año con un promedio de 216 horas a 324 horas provenientes del este de la ciudad, sin embargo casi 1083 horas al año muestra una frecuencia de aire promedio de 20km/h procedente de este.

En consideración a lo anterior y en harás de diseñar la mejor estrategia basados en el confort del usuario, se considera necesario aperturas desde el este de la ciudad que permita ventilar la totalidad de los espacios del edificio cumpliendo con la cantidad de aire estipulado según norma.

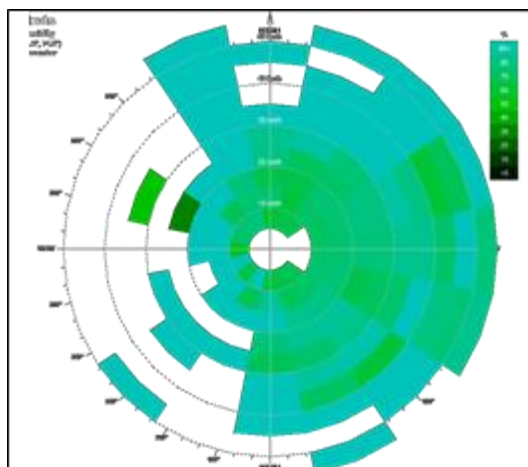


Figura 13. Humedad relativa

Fuente: Weather tool.

El rocío del viento se muestra desde un 15% a 95% de humedad, se evidencia que el aire proveniente del este presenta un valor de humedad intermedio de hasta de 45%, sin embargo aires mínimos que provienen del noroeste traen consigo un valor muy mínimo de humedad de 15%, diagnosticando aires totalmente seco.

Teniendo clara la dirección de los vientos, se propone para el proyecto aberturas en las fachadas noreste y sureste, ya que son los vientos predominantes para lograr una renovación de aire más óptima para los espacios al interior del edificio, sin necesidad de implementar sistemas mecánicos.

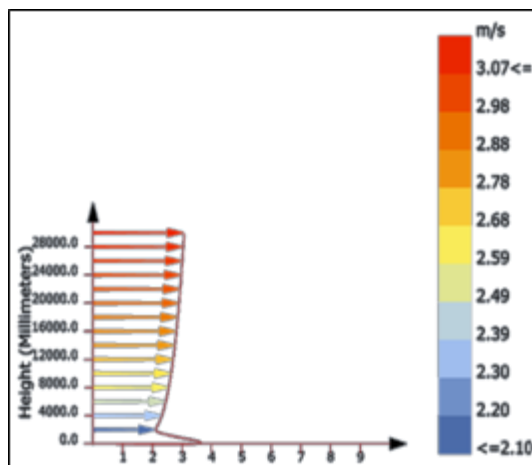


Figura 14. Perfil de vientos

Fuente: Rhino – Ladybug.

De acuerdo a la gráfica de velocidad del viento según la altura vemos que después de los 4 metros de altura la velocidad del aire aumenta un 2.20 m/s. hasta un valor de 3.07 m/s que alcanza los 28 m de altura.

El edificio tomado para el análisis se compone de 14 pisos, cada piso tiene 3.5 m de altura, por lo tanto, en caso de presentar aperturas se debe tener en cuenta que la velocidad del aire incrementa en la medida que aumenta su altura.

Pluviosidad:

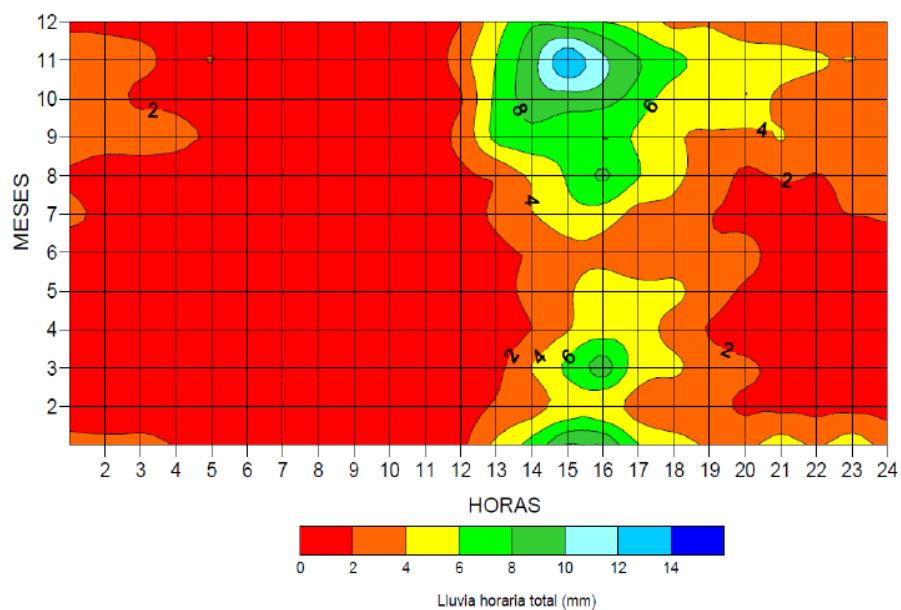


Figura 15. Pluviosidad anual

Fuente: IDEAM

Aunque durante todo el año se evidencian lluvias, la mayor cantidad de precipitaciones se muestran en el mes de marzo y noviembre alcanzando una cantidad hasta de 12 mm durante las horas de la tarde, prolongándose por más de 6 horas, iniciando con una intensidad promedio de 2mm desde la 12:30 pm.

Orientación:

El software Weather tool mediante la guía de orientación indica, que bajo los parámetros climáticos de la ciudad de Bogotá, la mejor orientación se muestra de norte a sur con una rotación hacia el oriente de 7,5 grados. De acuerdo a lo anterior evidentemente las fachadas que reciben mayor radiación solar son las ubicadas al oriente en horas de la mañana y occidente en horas de la tarde.

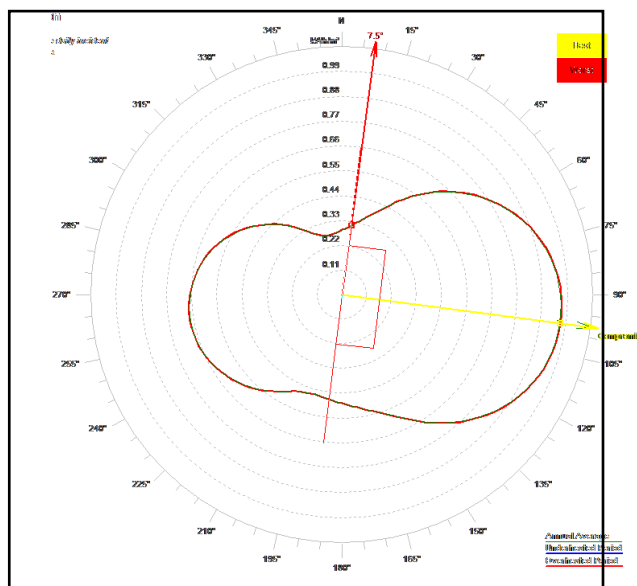


Figura 16. Orientación correcta

Fuente: Weather tool.

Accidentes geográficos:

El entorno en el que se encuentra ubicado el proyecto, es una condición importante en el momento de escoger una estrategia que beneficie el confort de los usuarios, ya que se debe tener en cuenta que el contexto climático analizado para la ciudad de Bogotá, no actúa directamente en el proyecto; la radiación solar, la mejor orientación, la trayectoria del viento, las temperaturas, la humedad del viento y la pluviosidad tiene mediadores y en el edificio bancol se muestra en las construcciones y las alturas que tienen los predios aledaños de acuerdo a la figura 17.



Figura 17. Cantidad de pisos por manzanas

Fuente: Ideca-Uaecd de Bogotá, s.f.

El proyecto se encuentra ubicado en el centro histórico de la ciudad de Bogotá, completamente urbanizado, rodeado de construcciones con un promedio de hasta 40 pisos de acuerdo a la figura 14, adicionalmente altamente influenciado por los cerros de Bogotá como lo muestra la figura 18.

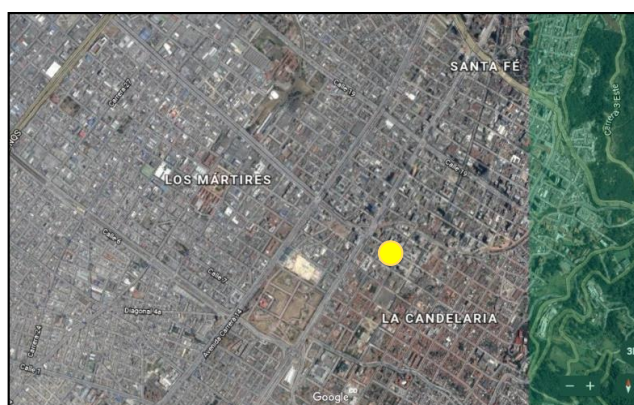


Figura 18. Ubicación del proyecto

Fuente: Google Maps, 2017.

Topografía:

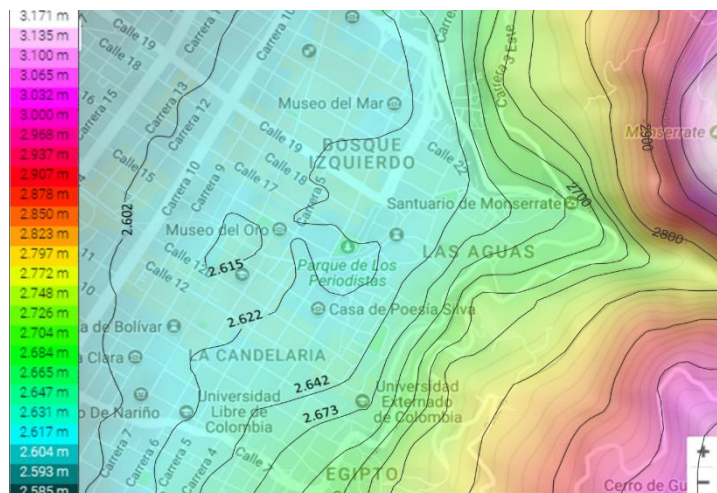


Figura 19. Topografía de Bogotá

Fuente: Elaboración propia.

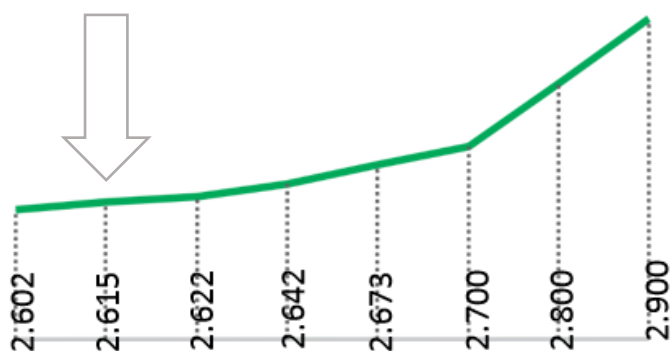


Figura 20. Nivel Topográfico del proyecto

Fuente: Es-co.topographic-map

El proyecto se encuentra ubicado a una altura de 2.615 metros sobre el nivel del mar, el sector se encuentra marcado por una superficie plana rodeada de edificios, el edificio se encuentra aproximadamente a 984 m de distancia de los cerros orientales de Bogotá.

Mediciones climáticas en sitio:

Para el desarrollo de la investigación, se realizó mediciones en sitio específicamente del piso 10, se instalaron el registrador HOBO Data Loggers U12-012 y un sensor de velocidad del aire T-DCI-F900-S-O identificando los siguientes datos.

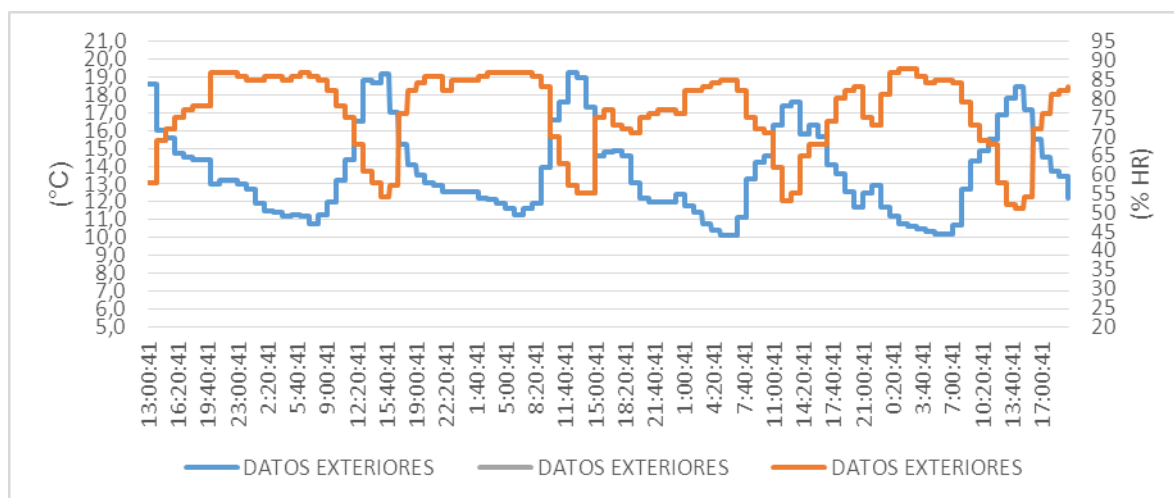


Figura 21. Datos exteriores climáticos del lugar

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 21, se identificaron datos exteriores desde el 07 de mayo 2018 hasta el 11 de mayo de 2018, lo cual se obtuvo como resultado, que la temperatura exterior promedio es de 13.66 °C, la temperatura exterior máxima de 19.3 °C, la temperatura mínima de 10.1 °C, humedad relativa exterior promedio de 76.4%, Humedad relativa exterior máxima de 88.0%, humedad relativa exterior mínima de 51.0%.

5.3 Hipótesis del Edificio

En harás de continuar con el desarrollo y en consideración al cumplimiento de los objetivos de la investigación, a continuación se realiza el levantamiento de información de cantidad de pisos, funcionarios, población flotante, sistemas activos al interior del edificio y consumo energético para su respectivo análisis.

Densidad ocupacional:

NUMERO DE PISOS	AREA DE PISO	OCUPACION FIJA	POBLACION FLOTANTE
14	968,55	74	38
13	968,55	91	23
12	968,55	86	41
11	968,55	88	52
10	968,55	97	60
9	968,55	90	24
8	968,55	88	22
7	968,55	95	33
6	968,55	72	17
5	968,55	74	14
4	968,55	89	15
3	968,55	92	45
2	968,55	86	20
ACCESO - 1	1406,33	-	-
TOTAL	13997	1122	404
TOTAL EDIFICIO			1526

Figura 22. Densidad ocupacional y población flotante del edificio

Fuente: Elaboración propia.

Se identifica la cantidad de pisos ubicados en el edificio y la población flotante la cual arroja una cantidad de 404 personas, esto, de acuerdo al conteo de puestos de atención ubicados actualmente en cada espacio de trabajo que resulta ser de 1122, adicionalmente de la salas de juntas, reuniones y salas de espera que muestra cada piso de oficinas, para un total de 1526 personas al interior del edificio.

De acuerdo a lo anterior y analizando los resultados de la figura 23, se aprecia que los pisos 3, 7 y 10 por su dinámica institucional recoge un porcentaje similar de ocupación fija, adicionalmente de conservar una misma área construida.

Para conocer la dinámica ocupacional del edificio, se analizaron los días y las horas en las cuales se encuentra habitado y las horas en las que se encuentra desocupado.

Horas en actividad:

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
8:00:00 AM a	OCUPADO HORARIO LABORAL					DESOCUPADO - HORARIO NO LABORAL	
12:00:00 PM A 2:00 PM	DESOCUPADO HORARIO DE DESCANSO						
2:00 PM A 5:00 PM	OCUPADO HORARIO LABORAL						
5:00 PM A 7:00 AM	DESOCUPADO HORARIO NO LABORAL						

Figura 23. Horario de ocupación

Fuente: Elaboración propia.

En consideración a la figura 24, se muestra que los horarios del edificio mantiene una ocupación inicial de 8:00 am 12:00 pm, posteriormente, dos horas de descanso entre las 12:00 pm y las 2:00 pm siendo este el momento en el que se desocupan las áreas de trabajo, las siguientes 4 horas continúan labores de oficina entre las 2:00 pm y las 5:00 pm, seguido a estas se desocupa totalmente el edificio; los días laborales se muestran entre lunes a viernes, los fines de semana no presenta algún horario laboral.

El conclusión, el estudio se realizará sobre el piso 10, usándolo como piso base para la investigación en el que se podrá replicar las estrategias objeto de este trabajo, considerando que este cuenta con la mayor ocupación flotante entre el piso 3, 7 y 10 identificados en el análisis de

ocupación, esta evaluación muestra que el nivel 10 se encuentra en un escenario muy parecido a los demás niveles, pero que su ocupación flotante puede acoger alteraciones térmicas internas en su zonificación.

Consumo actual del edificio:

En la recolección de datos para analizar el comportamiento actual del edificio bancol, la administración de la entidad pública que alberga 24 dependencias en 8 pisos suministra la siguiente información consolidando por cada mes el consumo total para el año 2017.

Datos de Consumo	UNIDAD DE MEDIDA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
ENERGÍA EN KW-H AÑO 2017	KW/H	57.660	56.326	55.504	55.504	57.463	62.685	82.311	57.521	95.413	68.520	66.200	74.320	65.010

Figura 24. Consumo total de energía de 8 pisos

Fuente: Administración edificio.

De acuerdo a la figura 25, el consumo total de energía para 8 pisos pertenecientes a una entidad gubernamental, equivale a 789.427 kwh/año; este total envuelve cargas que involucran valores del piso 3 hasta el 10; presentando un promedio de 65.010 kw/h mensual de consumo.

Para el análisis de consumo energético se toman los aparatos eléctricos que permanecen al interior del edificio, el tiempo de uso, la cantidad de aparatos por piso, la carga en watts que produce cada uno para determinar el consumo energético.

Consumo energético:

DIAGNOSTICO								
GRUPO	NOMBRE DEL EQUIPO	UBICACIÓN	UND	POTENCIA	USO HORAS	USO DIAS	CANTIDAD	CARGA/CONSUMO Kwh/año
ASCENSORES	OTIS CONVENCIONAL	CIRCULACION	KW	20,5	14	288	3	30.996
ELECTRODOMESTICOS	HORNO MICROONDAS	CAFETERIA	KW	1,3	2,5	288	2	1872
ILUMINACION	TUBO FLUORESCENTES T12	OFICINA	W	0,075	7	288	106	16027,2
	INCANDESCENTE 100W	BAÑOS	W	0,1	7	288	11	2217,6
EQUIPOS	PC DELL	OFICINAS	W	0,33	8,5	288	97	78360,48
	FOTOCOPIADORAS IMPRESORAS		W	0,9	8,5	288	3	6609,6
	VIDEO BEAM	SALA DE JUNTAS	W	0,05	4	288	3	172,8
CONSUMO TOTAL								136.256

Figura 25. Carga de consumo del piso 10.

Fuente: Elaboración propia.

El diagnostico muestra como resultado un consumo energético del piso 10 equivalente a 136.256 Kwh/Año, la figura 25 muestra que los equipos de computo tienen el mayor consumo de energía, el factor que hace que este valor sea elevado es la cantidad de aparatos instalados en cada puesto de trabajo, esta evaluación se toma sin abarcar la cantidad de aparatos portátiles que pueda ingresar la población flotante; de igual manera el consumo elevado también se muestra en la iluminación que influye en las alteraciones térmicas al interior de los espacios, por otro lado el consumo de los ascensores se realiza teniendo en cuenta que existen 3 unidades los cuales son para uso colectivo de la edificación.

En conclusión, se evidenció el consumo energético del piso 10, este valor será replicado en el piso 3 y 7 partiendo de la similitud que existen entre ellos donde se muestra una cantidad aproximada de funcionarios lo que equivale a una cantidad aproximada de puestos de trabajo y sistemas, adicionalmente de la igualdad entre la proporción de área construida; también se analizaron los niveles restantes que muestran analogías entre si ofreciendo coincidencias entre la información suministrada por la administración y los cálculos de consumo realizado por cada piso.

5.4 Diagnostico

5.4.1 Normatividad aplicable. Como se muestra a continuación:

Condiciones de luminosidad, Lux – Retilap. Para el análisis se identifica como punto de partida la resolución 18 0540 del 30 de marzo de 2010, “por el cual se modifica el reglamento técnico de iluminación y alumbrado publico RETILAP, se establecen los requisitos de eficacia mínima y vida útil de las fuentes lumínicas y se dictan otras disposiciones”. En consideración a esto y de acuerdo al capítulo 4, sección 410, se determina los valores máximos permitidos y el nivel de iluminación o iluminancias y distribución de acuerdo al tipo de recinto y actividad.

Diseño y cálculos requeridos para la iluminación interior:

Sección 410 requisitos generales del diseño requeridos para el alumbrado interior.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
Talleres de ensamble				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750

Figura 26. Índice UGR máximo y los niveles de iluminancia requeridos para diferentes áreas y actividades

Fuente: UGR, norma UNE EN 12464-1 de 2003.

El nivel de iluminación y distribución en espacios de oficinas según la norma RETILAP depende del tipo de recinto y actividad; para oficinas administrativas, para el uso de

computadores y salas de conferencias se registra un valor mínimo de 300 lux, medio de 500 lux y máximo de 750 lux; para oficinas abiertas se registra un valor mínimo de 500 lux, medio de 750 lux y máximo de 1000 lux registrando un valor alto ya que las actividades realizadas en esos espacios requiere de niveles altos de confort lumínico; Para áreas generales como circulaciones y corredores un valor mínimo de 50 lux, medio de 100 lux y máximo de 150 lux; Para áreas como escaleras, baños y bodegas un valor mínimo de 100 lux, medio de 150 lux y máximo de 200 lux tal como lo registra la figura 26.

Mediciones en sitio:

Para el análisis del comportamiento del edificio se realizaron mediciones en sitio específicamente del piso 10, se instalo el registrador HOBO Data Loggers U12-012 y un sensor de velocidad del aire T-DCI-F900-S-O identificando los siguientes datos tomados para la semana del 7 al 11 de mayo del 2018.

Datos interiores de iluminación:

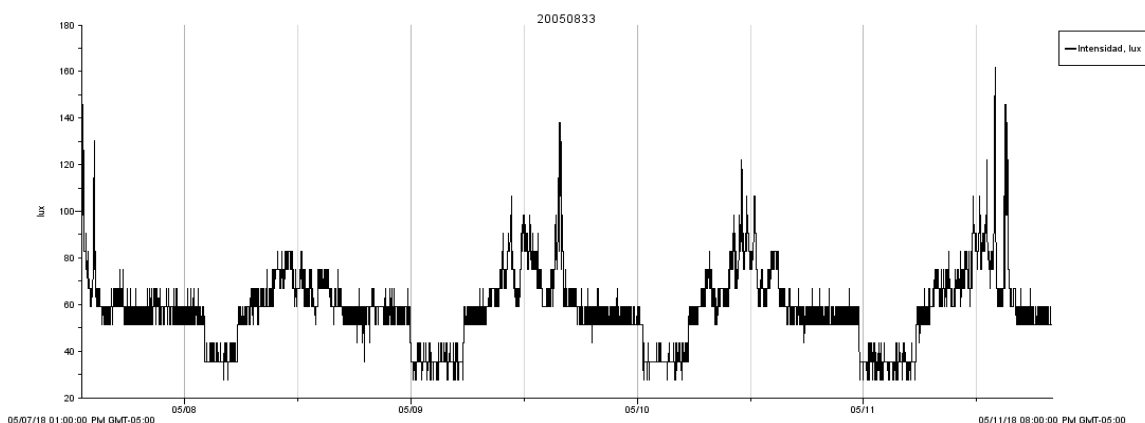


Figura 27. Datos de iluminación interior del piso 10

Fuente: Mediciones en sitio.

La Iluminación promedio es de 58,06 lux, la iluminación máxima es de 161,6 lux y iluminación mínima es de 27,6 lux.

De acuerdo a la figura 27, el comportamiento lumínico del edificio muestra actividad a partir de las 8:00 am, presentando un valor inicial de 50 lux ascendiendo hasta un valor de 80 lux para las 12:00 pm; el comportamiento para el día 9 de mayo de 2018 resalta un pico de hasta 140 lux entre las 3:00 pm y 4:00 pm, sin embargo la mayor intensidad lumínica se ocasiona el día 11 de mayo de 2018 alcanzando un valor de 160 lux.

En conclusión a lo anterior y en relación a la norma colombiana Retilap, se debe buscar cumplir con los valores mínimos entre 300 y 500 lux de acuerdo a los horarios de ocupación para satisfacer el confort lumínico, por lo tanto se analizaran los espacios y el uso que corresponde a cada uno de ellos, para diseñar estrategias que permitan mantener la iluminación dentro de los niveles de iluminancia.

Condiciones de confort térmico – Ahsrae 55 de 2010.

Para el análisis se identifica como punto de partida la evaluación de la normatividad AHSRAE 55 de 2010, donde se determina específicamente el confort del ocupante dependiendo del clima exterior que conlleva una respuesta térmica natural.

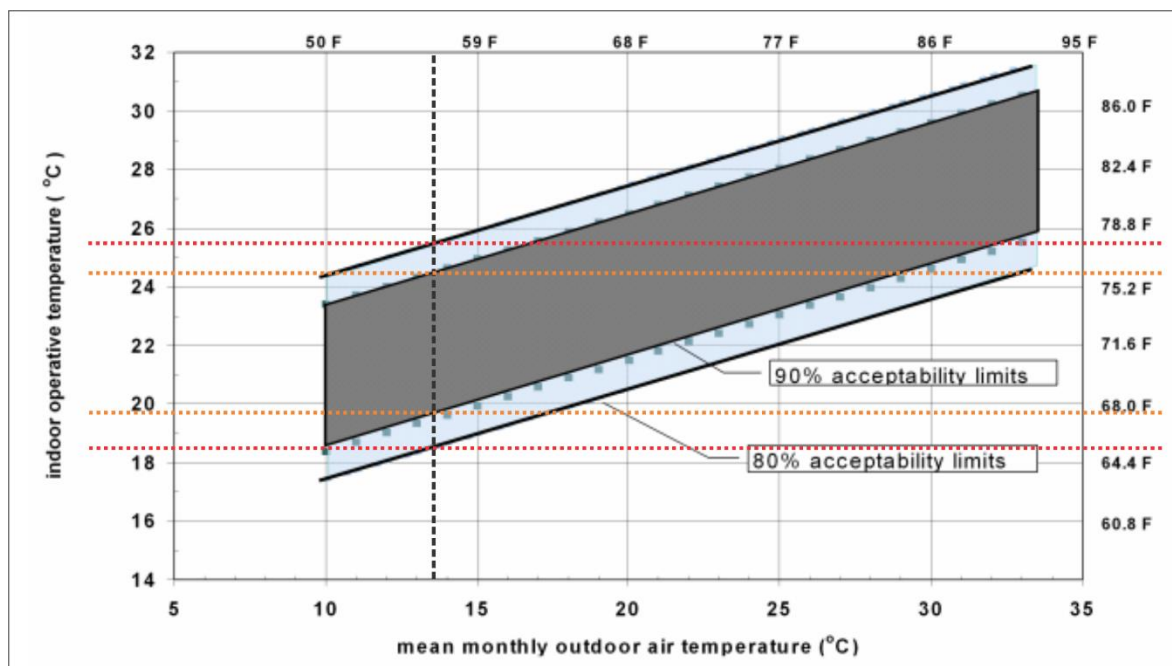


Figura 28. Rango de temperatura operativa aceptable para espacios naturalmente condicionados

Fuente: Ahsrae 55 de 2010.

La norma Ashrae 55 define, que el rango de confort de Temperatura para el clima Frio húmedo en Bogotá para un limite de aceptabilidad limite del 80% oscila entre 18,5°C y 25,5°C la cual se utilizará para espacios transitorios como circulaciones, cafetines; para el 90% oscila entre un 19,5 °C – 24,5 °C la cual se tendrá en cuenta para espacios con población permanente como oficinas cerradas y abiertas.

Condiciones de ventilación – Ahsrae 62.1 - ahsrae 90.1

Para el análisis se identifica como punto de partida el estándar internacional ASHRAE 62.1. Donde menciona los requerimientos a tener en cuenta para ventilar espacios con calidad aceptable de aire, inicialmente en el proceso diseño para la toma de aire exterior se recomienda

tener en cuenta la localización del proyecto, de tal forma que garantice que el flujo de aire inducido al interior no contenga material contaminante.

TABLA 5-1 DISTANCIA MINIMA DE SEPARACION DE TOMAS DE AIRE

Objeto	Distancia mínima ft (m)
Escapes contaminados significativamente (Nota 1)	15 (5)
Escapes peligrosos o nocivos (Notas 2 y 3)	30 (10)
Ventilas, chimeneas y escapes de aparatos y equipos de combustión (Nota 4)	15 (5)
Entradas de garajes, parqueaderos y colas en cine al aire libre (Nota 5)	15 (5)
Zonas de carga de camiones y puertos, áreas de parqueo/espera de buses (Nota 5)	25 (7.5)
Autopistas, calles y zonas de parqueo (Nota 5)	5 (1.5)
Vías públicas con alto volumen de tráfico	25 (7.5)
Tejados, miradores o superficies directamente debajo de la toma (Nota 6 y 7)	1 (0.30)
Almacenamiento/recogida de basuras- basureros	15 (5)
Tomas o piscinas de torres de enfriamiento	15 (5)
Escapes de torres de enfriamiento	25 (7.5)

Nota 1: Escapes con concentración significativa de contaminantes, intensidad de irritación sensorial significativa o malos olores
Nota 2: Las salidas de aire de campanas de humo de laboratorios deberán estar en concordancia con los estándares NFPA 45-1991³ y ANSI/AIHA Z9.5-1992⁴.
Nota 3: Escapes nocivos o peligrosos de aire con gran cantidad de humos o gases y/o partículas potencialmente peligrosas, bioaerosoles, o gases en concentraciones suficientemente altas para ser consideradas peligrosas. Información sobre criterios de separación para ambientes industriales pueden encontrarse en el manual de ventilación industrial ACGIH⁵ y en el *HandBook ASHRAE-Aplicaciones HVAC*.
Nota 4: Se permiten distancias más cortas de separación si se establecen de acuerdo a a) capítulo 7 de ANSI Z223.1/NFPA 54-2002⁷ para aparatos o equipos que quemen gas natural como combustible, b) capítulo 6 de NFPA 31-2001⁸ para aparatos o equipos que quemen petróleo como combustible, o c) capítulo 7 de NFPA 211-2003⁹ para otros aparatos o equipos de combustión.
Nota 5: Distancia medida al lugar más cercano donde probablemente este localizado el escape del vehículo.
Nota 6: La distancia de separación mínima no aplica para superficies que tengan una pendiente mayor de 45 grados respecto de la horizontal o que tengan menos de 1 pulgada (3 cm) de anchura.
Nota 7: Donde se espere que haya acumulación de nieve, la distancia listada deberá incrementarse en una cantidad equivalente a la profundidad de la capa de nieve.

Figura 29. Distancias mínimas de separación para tomas de aire exterior

Fuente: ASHRAE 62,1.

Cabe mencionar que para sistemas de ventilación natural el estándar recomienda diseñar espacios con aperturas permanentemente abiertos hacia el exterior a una distancia de 8 metros con un 4% de apertura con respecto al área total del piso y para espacios que no se encuentren con incidencia directa de ventilación natural debe garantizar un 8% de apertura asegurando una circulación sin obstrucción alguna.

TABLA 6-1 RATAS MINIMAS DE VENTILACION EN ZONAS DE RESPIRACIÓN (Continuación)
(Esta tabla no es válida aisladamente; debe ser usada en conjunto con las notas que la acompañan.)

Categoría de ocupación	Rata de aire exterior para personas R_p		Rata de aire exterior del área R_a		Notas	Valores por defecto			Clase de aire
						Densidad de ocupación (Ver Nota 4)	Rata combinada de aire exterior (Ver Nota 5)		
	cfm/ persona	L/s- persona	cfm/ pie ²	L/ s-m ²		#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/ persona	L/s- persona	
Edificios de oficinas									
Espacios de oficinas	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	1
Áreas de recepción	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Teléfonos/datos de entrada	5	2.5	0.06	0.3		60	6	3.0	1
Vestibulos de entrada principal	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1

NOTAS GENERALES PARA LA TABLA 6-1

- Requerimientos relacionados:** Las ratas en esta tabla están basadas en otros requerimientos aplicables de este estándar.
- Fumadores:** Esta tabla aplica a áreas de no fumadores para espacios. Las ratas para espacios de fumadores deben ser determinadas usando otros métodos. Véase la sección 6.2.9 para requerimientos de ventilación en áreas de fumadores.
- Densidad del aire:** La rata de flujo volumétrico de aire esta basada en una densidad del aire de 0.075 lb_a/ft³ (1.2 kg_a/m³), que corresponde a aire seco a una presión barométrica de 1 atm (101.3 kPa) y una temperatura de aire de 70°F (21°C). Esta rata puede ser ajustada para la densidad actual, pero este ajuste no es requerido para cumplir con este estándar.
- Densidad de ocupación convencional:** La densidad de ocupación convencional será usada cuando la ocupación real no sea conocida.
- Rata de aire exterior combinada convencional (por persona):** Esta rata esta basada en la densidad de ocupación convencional.
- Niveles de ocupación no listados:** Si la categoría de ocupación para un espacio o zona propuesta no está listada, deben usarse los requerimientos para la categoría de ocupación propuesta para espacios con niveles similares de densidad de ocupación, actividades y construcción del edificio.
- Centros de cuidado de salud:** Las ratas serán determinadas de acuerdo con el anexo E.

NOTAS ESPECIFICAS PARA ALGUNOS RENGLONES DE LA TABLA 6-1

- Para bibliotecas de colegios y universidades, se usa el valor mostrado en Espacios de asamblea públicos – Bibliotecas.
- Esta rata puede no ser suficiente cuando material almacenado incluye elementos con emisiones potencialmente peligrosas.
- Esta rata no permite control de humedad. Ventilación o Deshumectación adicional puede ser requerida para remover la humedad.
- Esta rata no incluye extracción especial para efectos de etapas. Por ejemplo, vapores de aire seco, humo.
- Cuando el equipo de combustión está intencionalmente dispuesto en la superficie de juego, ventilación adicional por dilución y/o control en la fuente deberán ser suministrados.
- La ocupación convencional para unidades compartidas sera de dos personas por estudio y una en unidades de habitaciones para cada dormitorio adicional.
- Aire para cada unidad residencial compartida no será recirculada o transferida a otros espacio fuera del conjunto.

Figura 30. Reutilización de aire de acuerdo al espacio

Fuente: ASHRAE 62,1.

De acuerdo al diseño y una vez definida las distancias para la toma de aire y el porcentaje de apertura mínima que debe incluir cada espacio, el estándar recomienda definir la clase de aire que circulará en cada uno de los espacios y si esa ventilación será reutilizada o limitada en consideración a la figura 30. La clase de aire para la ocupación de edificio con oficinas es de nivel 1, queriendo decir que son cantidades de aire con contaminantes bajos permitiendo que el mismo sea re direccionado a otro espacio con actividades equivalentes.

Table B-4 International climate zona definitions

Zone Number	Name	Thermal Criteria
1	Very Hot-Humid (1A), Dry (1B)	$9000 < CDD50^{\circ}F$
2	Hot-Humid (2A), Dry (2B)	$6300 < CDD50^{\circ}F \leq 9000$
3A and 3B	Warm-Humid (3A), Dry (3B)	$4500 < CDD50^{\circ}F \leq 6300$
3C	Warm-Marine	$CDD50^{\circ}F \leq 4500$ and $HDD65^{\circ}F \leq 3600$
4A and 4B	Mixed-Humid (4A), Dry (4B)	$CDD50^{\circ}F \leq 4500$ and $3600 < HDD65^{\circ}F \leq 5400$
4C	Mixed-Marine	$3600 < HDD65^{\circ}F \leq 5400$
5A, 5B and 5C	Cool-Humid (5A), Dry (5B), Marine (5C)	$5400 < HDD65^{\circ}F \leq 7200$
6A and 6B	Cold-Humid (6A), Dry (6B)	$7200 < HDD65^{\circ}F \leq 9000$
7	Very Cold	$9000 < HDD65^{\circ}F \leq 12600$
8	Subarctic	$12600 < HDD65^{\circ}F$

Figura 31. Descripción internacional de zonas climáticas

Fuente: ASHRAE 90,1.

Para definir el material que permita responder al estándar de confort al interior del edificio, inicialmente es preciso identificar la zona climática del proyecto considerando los niveles establecidos en la figura 31, los niveles se encuentran divididas en 8 zonas climáticas teniendo en cuenta las temperaturas y alturas del lugar, para el proyecto se determinó que la zona 3 define los criterios térmicos de Bogotá ya que cuenta con al menos cuatro meses con temperaturas medias superiores a 50°F.

De acuerdo a los requerimientos anteriormente mencionados, la figura 32 describe la condición de los materiales para el clima en zona numero 3, entendiendo que la actividad del edificio no es residencial, por lo tanto, la composición para la cubierta se encuentra dentro del rango U 0,15 W/M2.K a 0,31 W/M2.K por elemento, los muros con U 0,48 W/M2.K a 0,70 W/M2.K, para los pisos un U entre 0,29 W/M2.K a 0,61 W/M2.K, y posteriormente como material principal el vidrio, este debe hallarse en su SHGC entre 0,36 W/M2.K y 0,19 W/M2.K para optimizar las ganancias térmicas en cada espacio del proyecto evitando perdidas que alteren el confort al interior del proyecto.

Table 5.5-3 Building Envelope Requirements for Climate Zone 3.

Opaque Elements	Nonresidential		Residential		Residential U=Imperial
	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	
<i>Roofs</i>					0,27
Insulation Entirely above Deck	U-0.048	R-20.0 c.i.	U-0.048	R-20.0 c.i.	0,31
Metal Building ^a	U-0.055	R-13.0 + R13.0	U-0.055	R-13.0 + R13.0	0,15
Attic and Other	U-0.027	R-38.0	U-0.027	R-38.0	0,70
<i>Walls, Above-Grade</i>					0,48
Mass	U-0.123	R-7.6 c.i.	U-0.104	R-9.5 c.i.	0,50
Metal Building	U-0.084	R-19.0	U-0.084	R-19.0	0,50
Steel-Framed	U-0.084	R-13.0 + R-3.8 c.i.	U-0.064	R-13.0 + R-7.5 c.i.	
Wood-Framed and Other	U-0.089	R-13.0	U-0.089	R-13.0	
<i>Walls, Below-Grade</i>					
Below-Grade Wall	C-1.140	NR	C-1.140	NR	
<i>Floors</i>					0,61
Mass	U-0.107	R-6.3 c.i.	U-0.087	R-8.3 c.i.	0,29
Steel-Joist	U-0.052	R-19.0	U-0.052	R-19.0	0,29
Wood-Framed and Other	U-0.051	R-19.0	U-0.033	R-30.0	
<i>Slab-On-Grade Floors</i>					
Unheated	F-0.730	NR	F-0.730	NR	
Heated	F-0.900	R-10 for 24 in.	F-0.900	R-10 for 24 in.	
<i>Opaque Doors</i>					4,0
Swinging	U-0.700		U-0.700		8,22
Nonswinging	U-1.450		U-0.500		
Fenestration	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	
<i>Vertical Glazing, 0%–40% of Wall</i>					3,69
Nonmetal framing (all) ^c	U-0.65		U-0.65		3,40
Metal framing (curtainwall/storefront) ^d	U-0.60	SHGC-0.25 all	U-0.60	SHGC-0.25 all	5,10
Metal framing (entrance door) ^d	U-0.90		U-0.90		3,69
Metal framing (all other) ^d	U-0.65		U-0.65		
<i>Skylight with Curb, Glass, % of Roof</i>					
0%–2.0%	U _{all} -1.17	SHGC _{all} -0.39	U _{all} -1.17	SHGC _{all} -0.36	
2.1%–5.0%	U _{all} -1.17	SHGC _{all} -0.19	U _{all} -1.17	SHGC _{all} -0.19	
<i>Skylight with Curb, Plastic, % of Roof</i>					
0%–2.0%	U _{all} -1.30	SHGC _{all} -0.65	U _{all} -1.30	SHGC _{all} -0.27	
2.1%–5.0%	U _{all} -1.30	SHGC _{all} -0.34	U _{all} -1.30	SHGC _{all} -0.27	
<i>Skylight without Curb, All, % of Roof</i>					
0%–2.0%	U _{all} -0.69	SHGC _{all} -0.39	U _{all} -0.69	SHGC _{all} -0.36	
2.1%–5.0%	U _{all} -0.69	SHGC _{all} -0.19	U _{all} -0.69	SHGC _{all} -0.19	

^aThe following definitions apply: c.i. = continuous insulation (see Section 3.2); NR = no (insulation) requirement.

^bWhen using R-value compliance method, a thermal spacer block is required; otherwise use the U-factor compliance method. See Table A.2.

^cException to Section A3.1.3.1 applies.

Figura 32. Requisitos de envolvente para la zona climática 3

Fuente: ASHRAE 62,1.

El coeficiente de transmitancia térmica se muestra ilustrada con la letra U y su unidad de medida se indica en W/m²K, este factor determina la capacidad que tiene un material para reducir la conducción de calor entre el exterior al interior, por lo tanto mientras el valor sea menor, mayor es la capacidad del material para dominar la transferencia de temperaturas de un

espacio a otro; por otro lado, el coeficiente de ganancia de calor solar se muestra ilustrado con las siglas SHGC, este elemento relaciona la capacidad que tiene un cristal de controlar las ganancias de temperatura provenientes de la radiación solar, un valor mayor de coeficiente simboliza una ganancia de calor alta, mientras que un valor SHGC menor significa baja ganancia de calor.

Mediciones en sitio:

Teniendo en cuenta las variables de densidad de población, cargas de equipos y consumos tal como lo muestra las figuras 23, 24, 25 y 26, Se determinó durante el análisis inicial, que por su dinámica institucional el piso que genera mayor impacto en el edificio es el piso 10, por lo anterior, las mediciones de campo se realizan en dicho piso durante la semana del 7 al 11 de Mayo de 2018.

Datos interiores temperatura del aire:

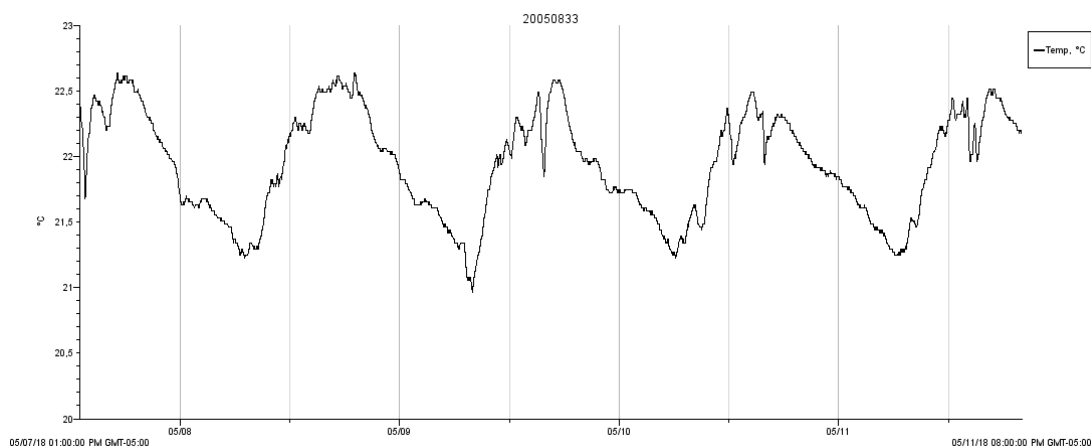


Figura 33. Temperatura interior del aire

Fuente: Elaboración propia.

En consideración a la medición, la temperatura promedio fue de 21,93 °C, Máxima de 22,63 °C, Mínima de 20,96 °C.

Datos interiores de humedad:

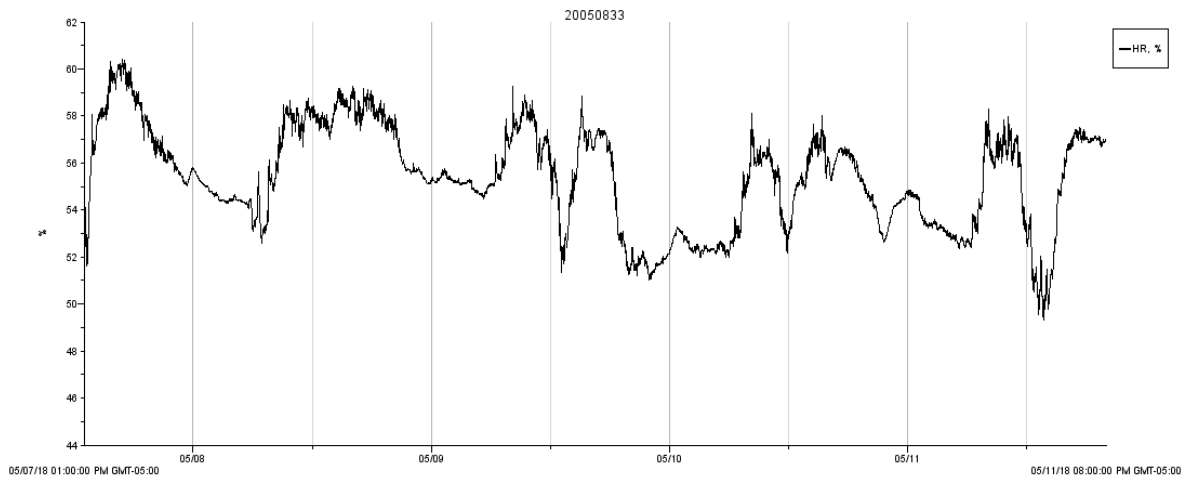


Figura 34. Humedad Relativa interior

Fuente: Elaboración propia.

La humedad relativa promedio fue de 55,38%, Máxima de 60,43%, Mínima de 49,32%.

Datos interiores de velocidad del aire:

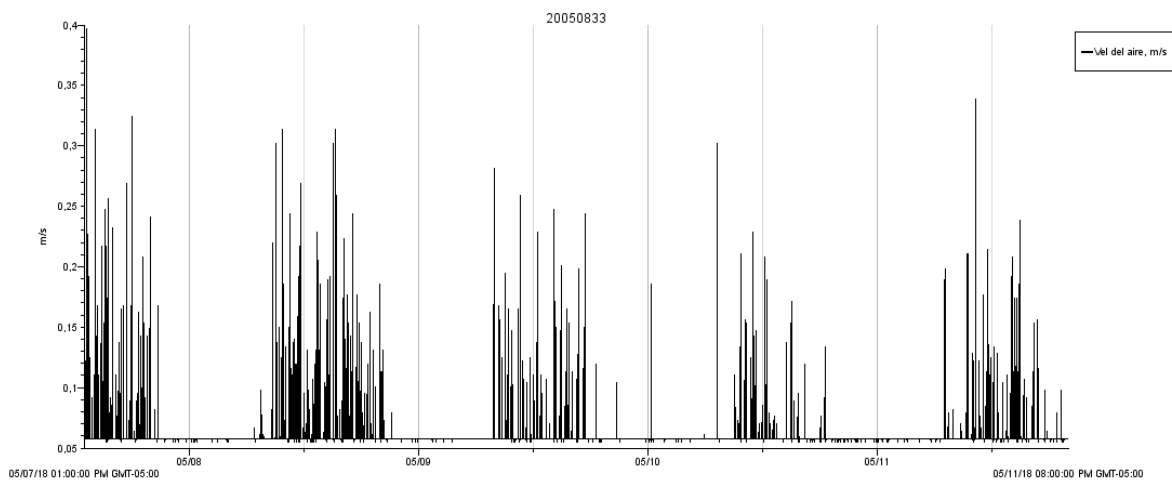


Figura 35. Velocidad del aire

Fuente: Elaboración propia.

La velocidad del aire promedio fue de 0,0619 m/s, Maxima de 0,397m/s y Minima de 0,055 m/s.

Datos interiores de temperatura

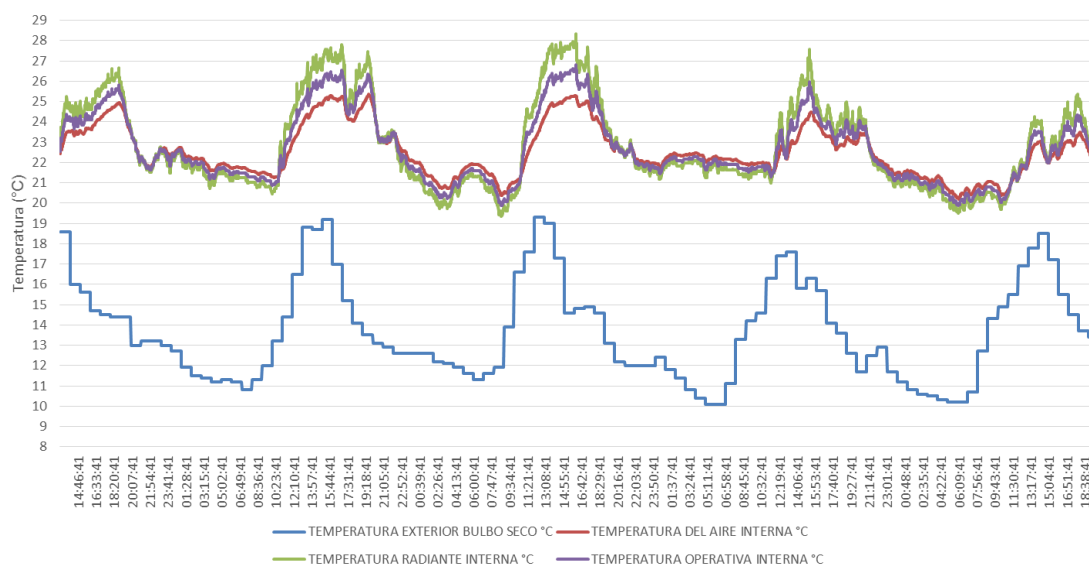


Figura 36. Datos de temperatura

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las 8:00 am se muestra el inicio de actividades al interior del piso con temperatura de hasta 21 °C, y un descenso de temperatura en dos oportunidades, a las 5:00 pm y a las 7:00 pm, mostrando una temperatura operativa de 22,5 °C.

El día con temperatura mas baja se dio el 9 de mayo de 2018 con 20°C a las 8:00 am, y la temperatura más alta se evidenció el mismo día a las 4:00 pm con 26,7 °C.

Se analiza el comportamiento del edificio de acuerdo a la siguiente grafica donde se desprende por días de la semana del 7 al 11 de mayo de 2018 las temperaturas teniendo en cuenta los horarios de ocupación.

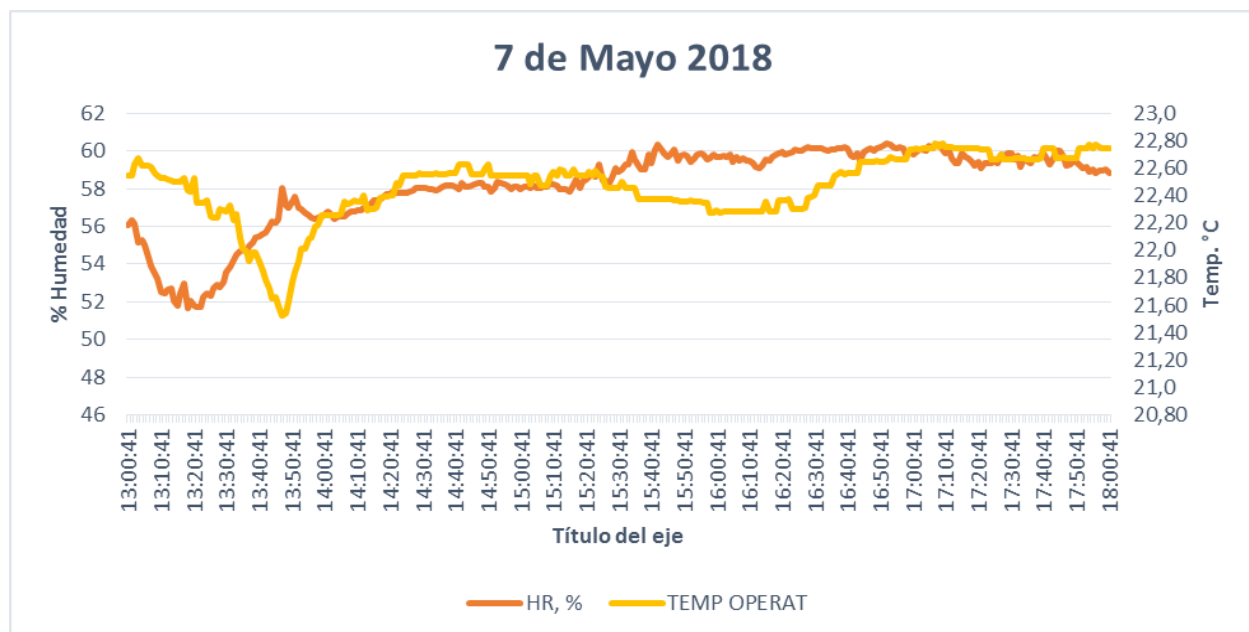


Figura 37. Datos de temperatura del 07 de mayo de 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Para el día lunes 07 de mayo de 2018 la temperatura empieza un descenso a partir de la 1:00 pm hasta llegar a 21,50 °C, hora en la que de acuerdo al análisis realizado, las personas se encuentran en receso; sin embargo a partir de las 5:00 pm las temperaturas se encuentran en un pico mostrando temperaturas casi de 22,80 °C. Es importante mencionar que el comportamiento de la humedad depende de la temperatura operativa, ya que cuando esta descende el porcentaje de humedad asciende, el porcentaje de humedad más alto se encuentra en este día de la semana con un valor de 60% finalizando las 3 de la tarde manteniéndose hasta las 5:00 pm.

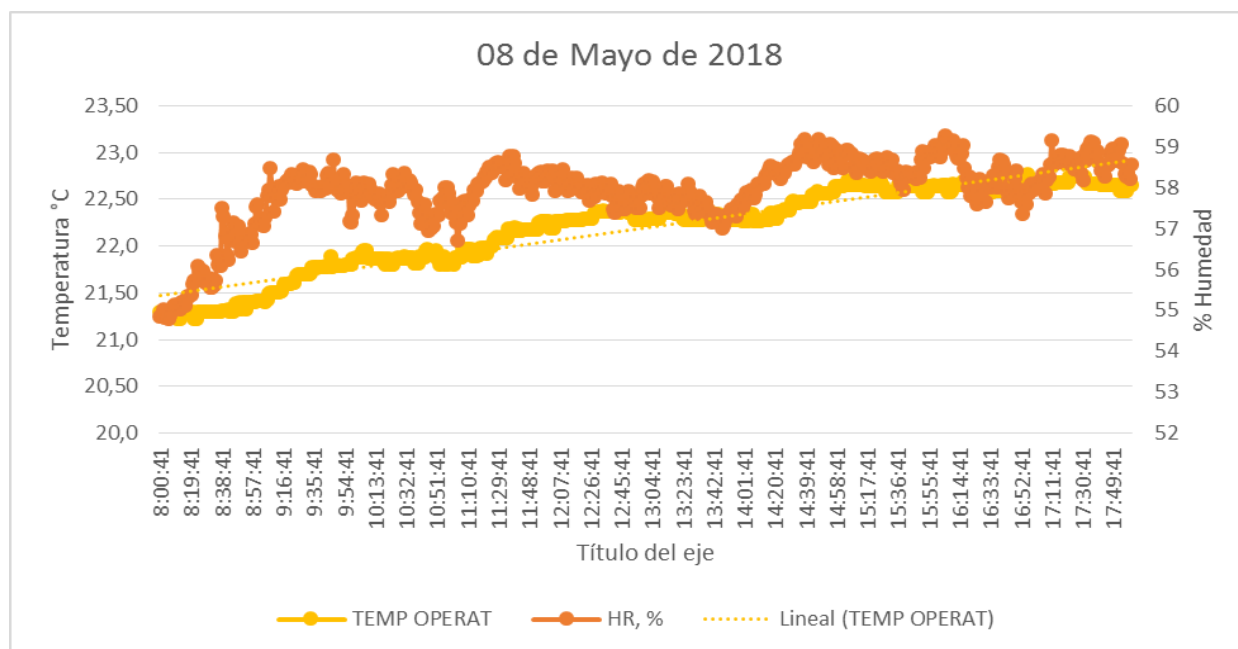


Figura 38. Datos de temperatura del 08 de mayo de 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Para el día martes 8 de mayo de 2018 se muestra una temperatura ascendente a partir de las 8:00 am, esta temperatura se mantiene entre las 12:00 pm y las 2:00 pm entre 22,30 °C y 22,40 °C, seguido a esta comienza a aumentar hasta 22,60 °C; para este día no se evidencia picos con temperaturas bajas ni siquiera en horas de receso. El comportamiento de la humedad continúa siendo inverso al comportamiento de la temperatura; Para este día la humedad tiene una conducta mayor que la temperatura operativa, por lo tanto su porcentaje mayor se encuentra sobre los 59,5% entre las 2:00 pm y las 4:00 pm, presentando un panorama de posibles lluvias.

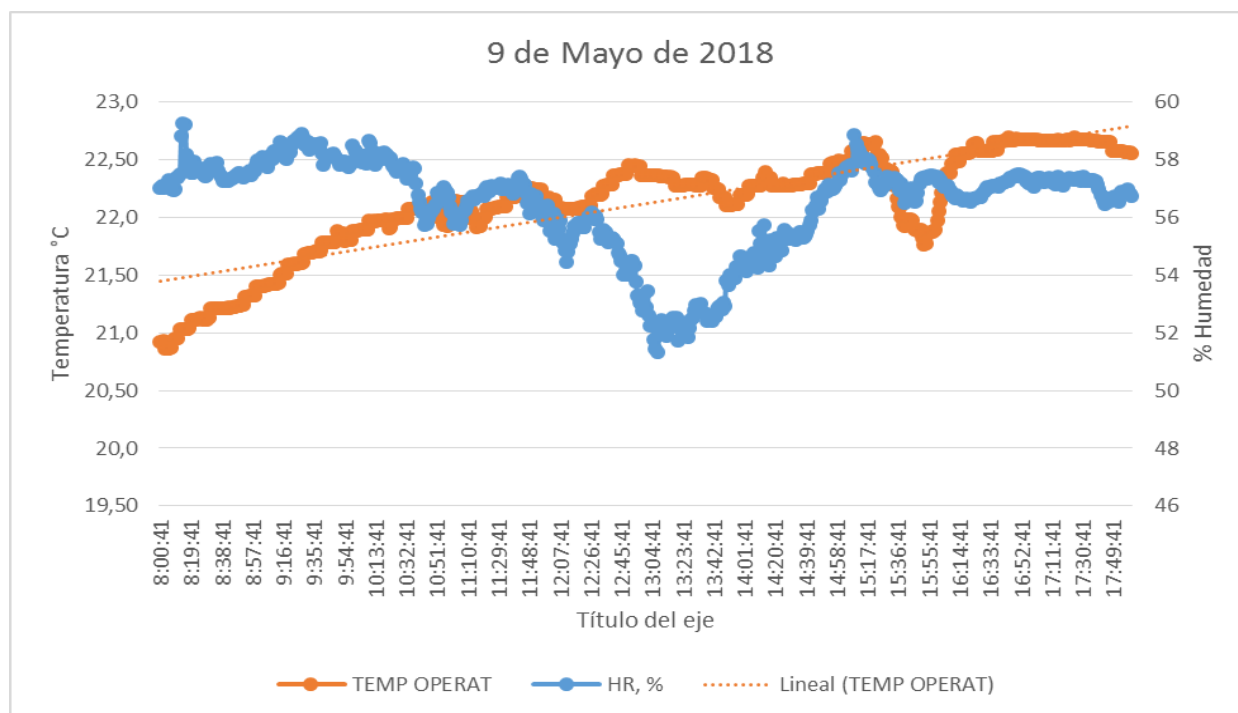


Figura 39. Datos de temperatura del 09 de mayo de 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Para el día miércoles 9 de mayo de 2018 se continua mostrando una temperatura ascendente muy similar al día 8 de mayo de 2018, por otro lado la temperatura disminuye presentando a las 12:00 pm un estancamiento hasta la 1:00 pm de 22,2°C; ocurre un efecto que diferencia este día a los analizados anteriormente y corresponde al descenso de la temperatura a las 3:27 pm hasta las 4:00 pm que la temperatura nuevamente asciende hasta 22,52 °C mostrando un comportamiento constante; mientras que la humedad tiene un comportamiento caído desde las 8:00 am hasta las 1:00 pm mostrando un valor de 51%, sin embargo después de la 1:00 pm inicia su ascenso presentando hasta un 59% de humedad.

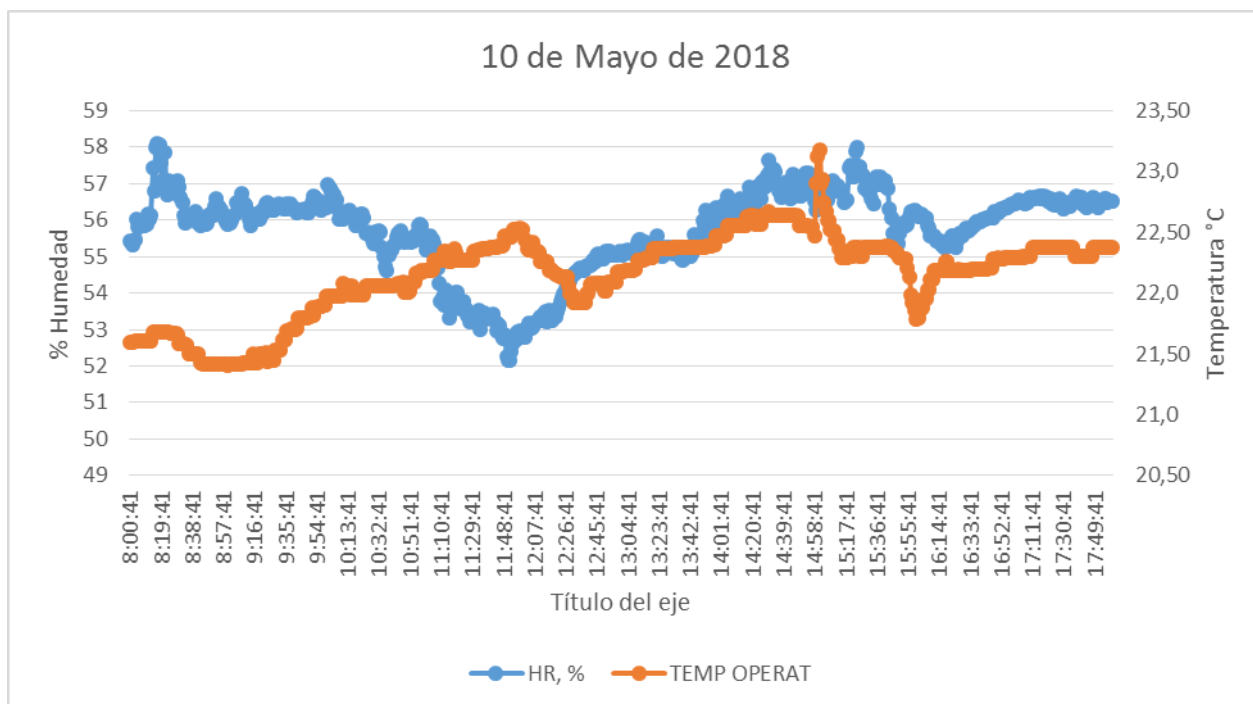


Figura 40. Datos de temperatura del 10 de mayo de 2018.

Fuente: Elaboración propia.

El día 10 de mayo de 2018 evidencia una temperatura muy irregular durante el día, la temperatura no es ascendente desde su inicio, sin embargo desde las 9:30 am hasta las 12:00 pm presenta la intención de ascender; se evidencia un pico de temperatura alta, presentando 23,40 °C siendo este el día más cálido de la semana. El comportamiento de la humedad para este día se muestra más alto que la temperatura operativa, presentando un panorama de posibles lluvias.

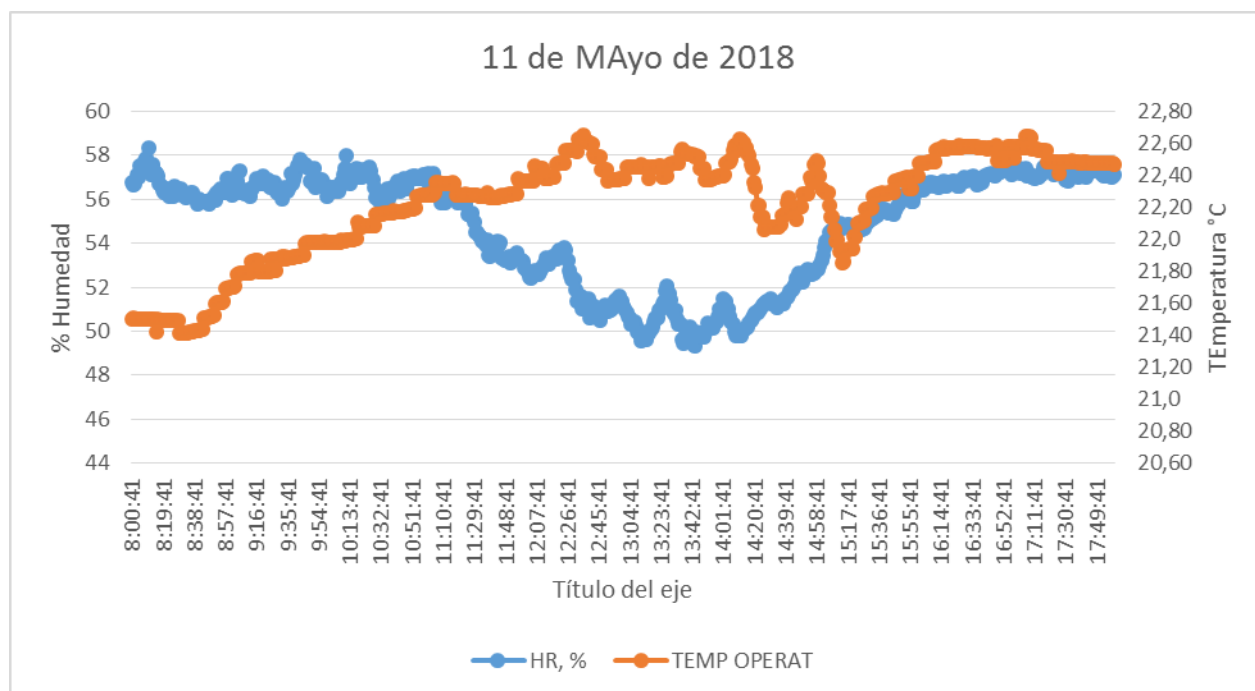


Figura 41. Datos de temperatura del 11 de mayo de 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Para el ultimo día de la semana se evidencia una temperatura dinámica entre las 2:00 pm y las 4:00 pm, presentando temperaturas mínimas hasta 21,80°C y máxima hasta 22,60°C; el resto de horas del día las temperaturas tienen un comportamiento similar al día inicial.

A continuación se muestra la planta del piso 10 donde se encuentra marcada la ubicación de la zona donde se instalaron las herramientas de medición para la toma de datos climáticos internos, adicionalmente se muestra de color rojo los puestos de trabajo de las personas que contestaron las encuestas realizadas en la investigación. El comportamiento de la humedad para este día presenta el porcentaje el mas bajo de la semana con el 49% entre las 12:00 pm y 2:00 pm.



Figura 42. Ubicación de herramienta de medición

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 43. Registro fotográfico ubicación de herramientas de medición

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 44. Registro fotográfico ubicación de herramientas de medición

Fuente: Elaboración propia.

Encuestas:

Se recogió información por medio de una encuesta que se compone de 4 preguntas, estas fueron tomadas en 4 horas del día por 5 días hábiles de la semana a 10 personas con las siguientes características:

	EDAD N. (AÑOS)	GENERO (M/F)	PESO (KG)	ESTATURA (M)	HORARIO DE TRABAJO	TIEMPO VIVE EN BTA (AÑOS)	TIEMPO TRABAJA EN LUGAR (AÑOS)	ROPA (PANTALON, CAMISA, SACO, CHAQUETA)
1	42	F	62	1,57	08:00-18:00	7	7	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
2	32	F	65	1,65	08:00-18:00	2	0,05	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
3	45	F	72	1,56	08:00-18:00	25	4	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
4	26	F	66	1,6	08:00-18:00	26	1	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
5	28	M	78	1,6	08:00-18:00	28	1	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
6	30	M	72	1,65	08:00-18:00	12	10	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
7	39	M	82	1,65	08:00-18:00	0,05	0,05	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
8	39	M	85	1,72	08:00-18:00	18	3	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
9	46	M	92	1,75	08:00-18:00	20	10	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA
10	41	M	94	1,8	08:00-18:00	20	2	PANTALON, CAMISA, CHAQUETA

Figura 45. Características de funcionario encuestado del piso 10

Fuente: Elaboración propia.

Las encuestas se realizaron a 4 mujeres y 6 hombres, las 10 personas son funcionarios ubicados en el piso 10, la estatura mínima se encuentra entre 1,56m a 1,80m, se identifica el peso de cada uno de ellos, mostrando un rango entre 62kg a 94kg, con un rango de edad de 30 a 45 años.

Para 181 encuestas a 10 personas el diagnostico es el siguiente:

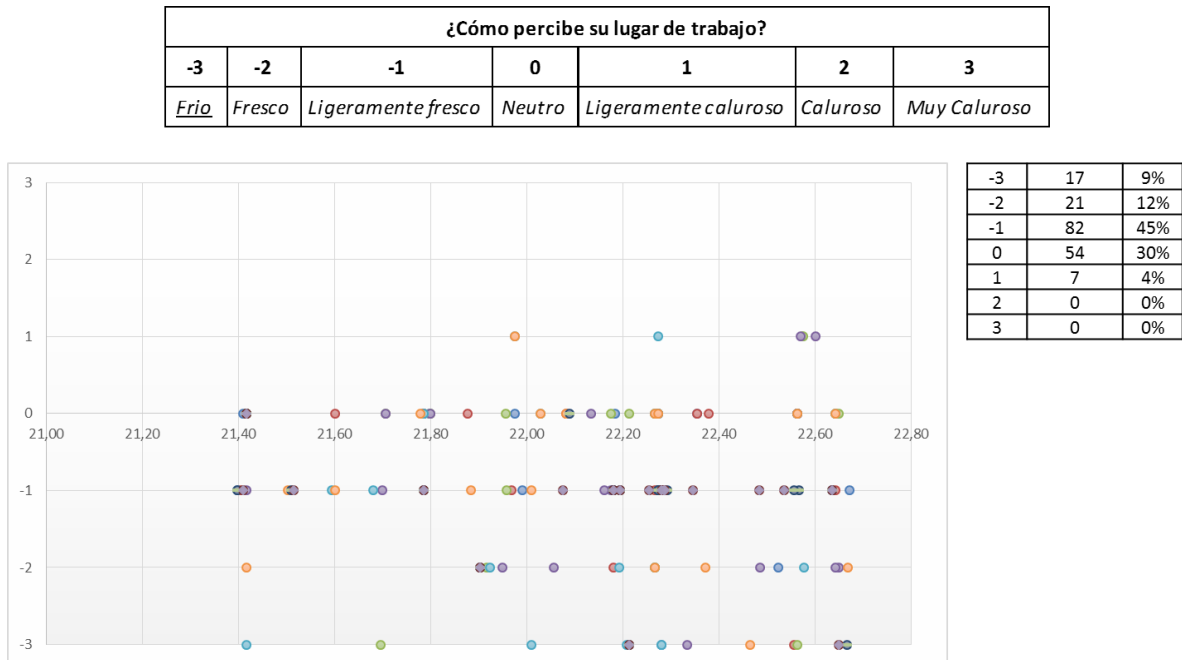


Figura 46. ¿Como percibe su lugar de trabajo?

De acuerdo a la primera pregunta se evidencia que de 181 encuestas, 82 encuestas registran una percepción ligeramente fresca con un porcentaje del 45% de los encuestados; 54 encuestas registran una percepción neutra del lugar de trabajo con un porcentaje del 30% de los encuestados; 21 encuestas registran una percepción fresca del lugar del trabajo con un porcentaje de 12% de los encuestados y 17 encuestas una percepción fría del lugar de trabajo con un porcentaje de 9% de los encuestados.

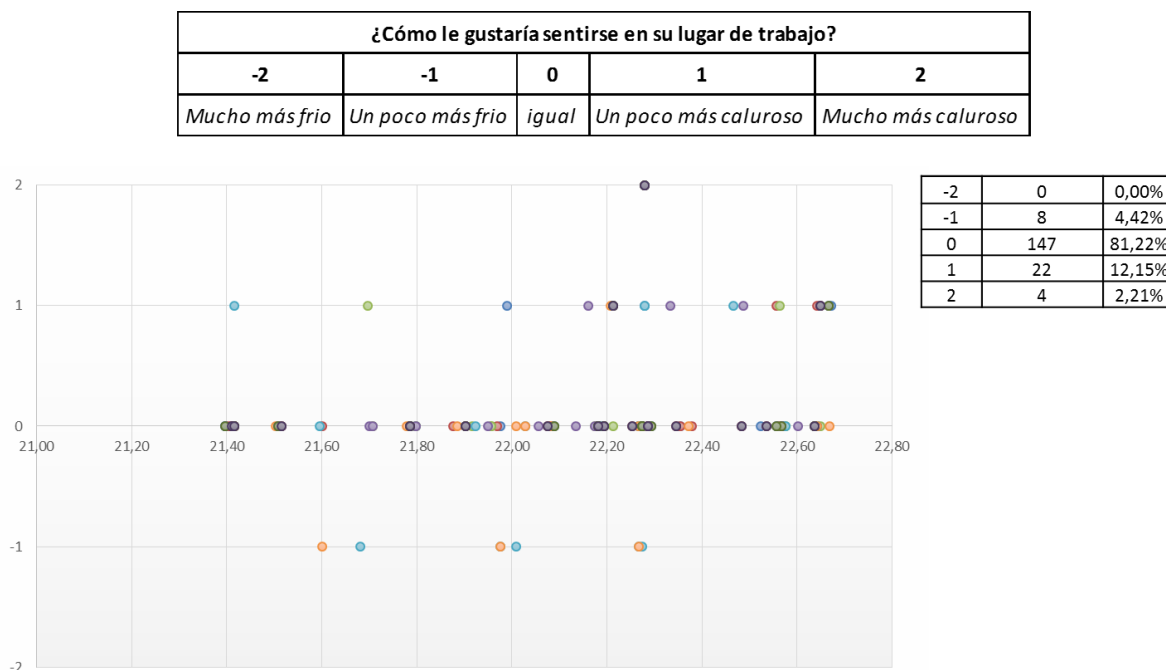


Figura 47. ¿Como le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?

De acuerdo a la segunda pregunta se evidencia que de 181 encuestas, 147 encuestas registran que les gustaría sentirse igual en su lugar de trabajo con un porcentaje de 81,22% de los encuestados; 22 encuestas registran un gusto por el espacio un poco mas caluroso con un porcentaje de 12,15% de los encuestados; 8 encuestas registran un gusto por un espacio un poco mas frio con un porcentaje de 4,42% de los encuestados y 4 encuestas registran un gusto por un espacio mucho mas caluroso con un porcentaje de 2,21% de los encuestados.

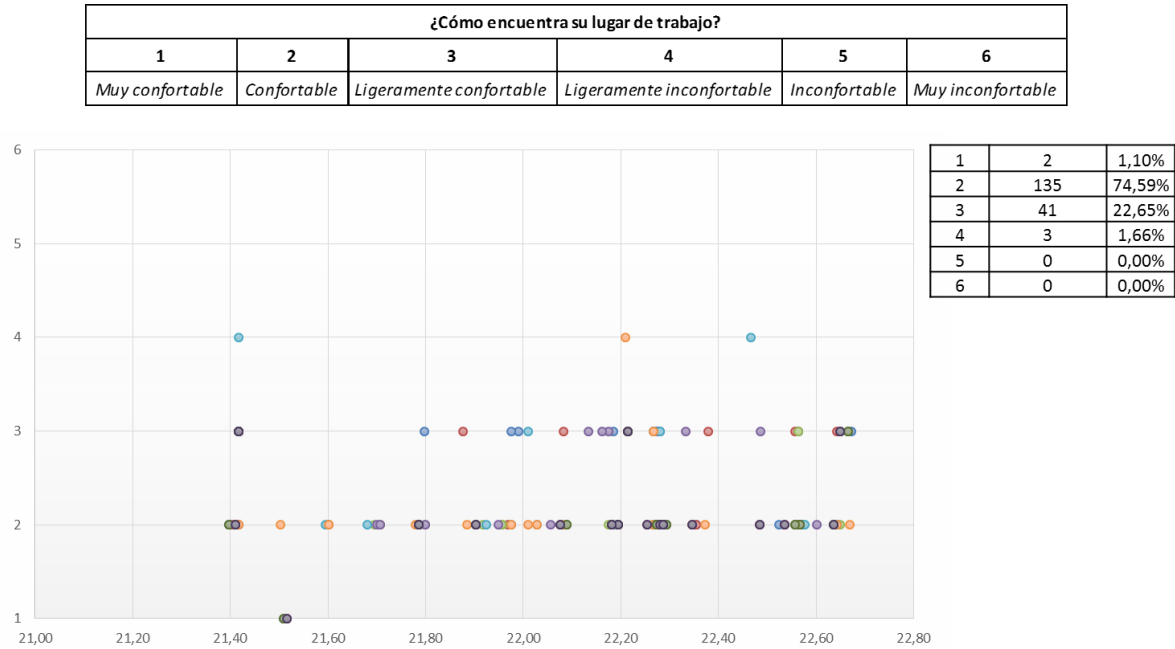


Figura 48. ¿Como encuentra su lugar de trabajo?

De acuerdo a la tercera pregunta se evidencia que de 181 encuestas, 135 encuestas registran encuentran confortable su lugar de trabajo con un porcentaje de 74,59% de los encuestados; 41 encuestas registran ligeramente confortable con un porcentaje de 22,65% de los encuestados; 3 encuestas registran ligeramente inconfortable con un porcentaje de 1,66% y dos encuestas registran un lugar de trabajo muy confortable con un porcentaje de 1,10% de los encuestados.

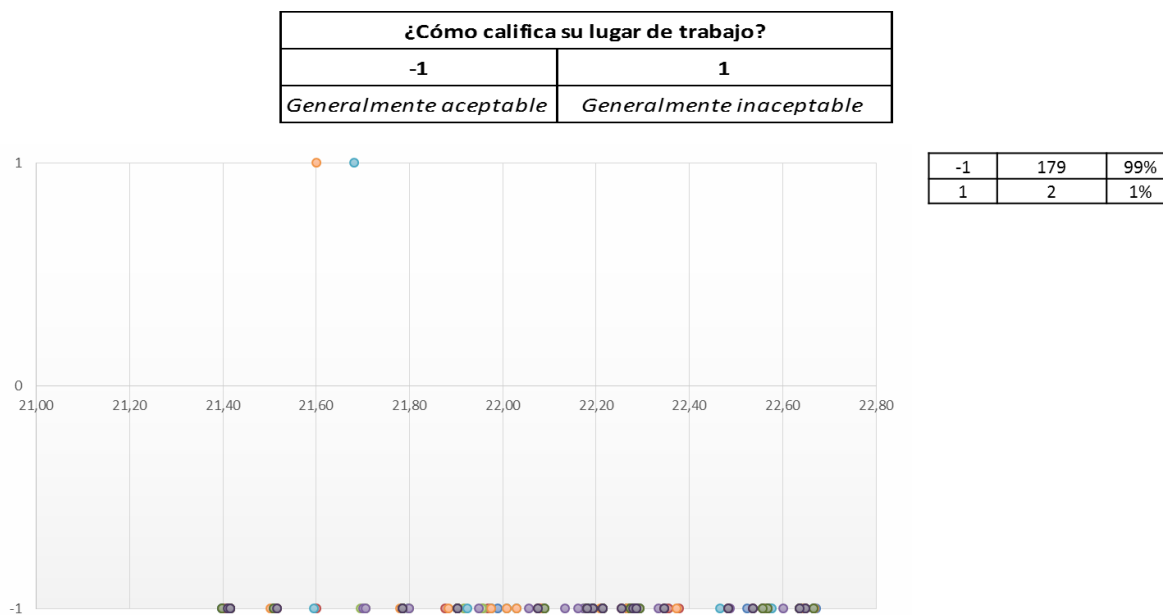


Figura 49. ¿Como califica su lugar de trabajo?

De acuerdo a la cuarta pregunta se evidencia que de 181 encuestas, 179 encuestas califican generalmente confortable el lugar de trabajo con un 99% de encuestados.

Materialidad:

De acuerdo a los requisitos que deben tener los materiales según la clasificación de la zona climática, se realiza el análisis de cada uno de los materiales que hacen parte del edificio Bancol, para esto se discrimina por partes cada componente de la cubierta, cerramiento, particiones, placa entepiso y por ultimo el vidrio, de esta manera evaluar el comportamiento del edificio al interior de acuerdo al valor U que dispone cada material.

Cubierta:

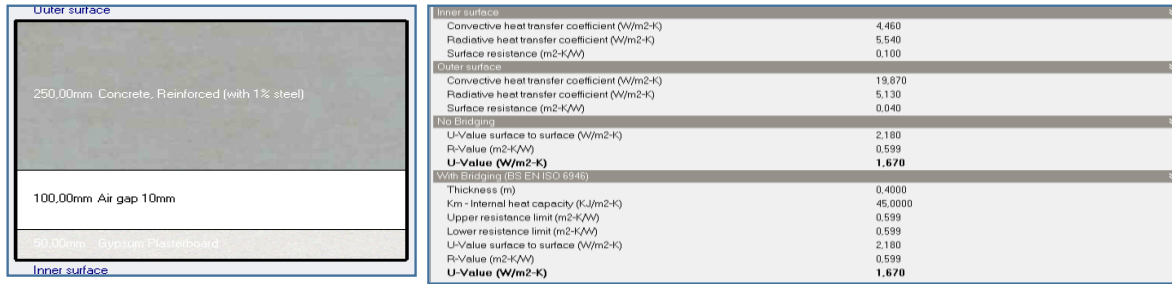


Figura 50. Placa en concreto reforzado de 25 cm una cámara de aire de 10 cm y una superficie de cielo raso de 5 cm

Fuente: Design Builder.

La cubierta esta compuesta por una placa de concreto reforzado de 25 cm, seguido a este un perfil de acero de 10 cm, y finalmente una lamina de yeso de 5 cm, la composición del material equivale a un valor U de 1,670.

Cerramiento:

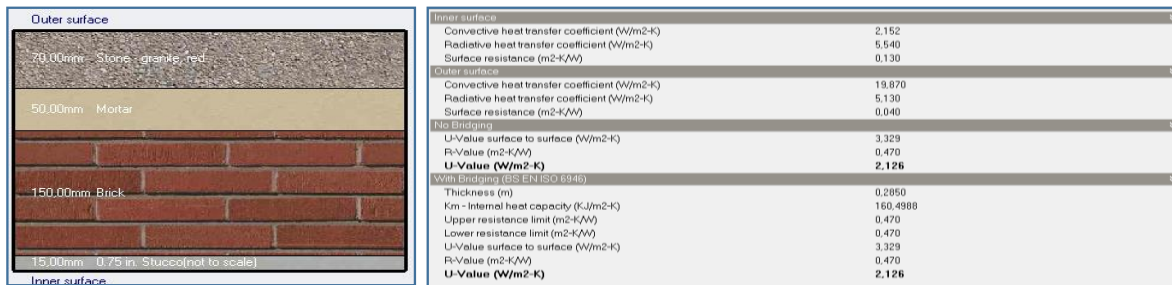


Figura 51. Placa en concreto reforzado de 25 cm una cámara de aire de 10 cm y una superficie de cielo raso de 5 cm

Fuente: Design Builder.

El cerramiento se compone de cuatro materiales, en su exterior se muestra con un espesor de 7 cm un muro de granito rojo, un mortero de 5 cm el cual permite adherir el granito al bloque de ladrillo que tiene un espesor de 15 cm y finalmente un estuco de un espesor de 1.5 cm, presentando un valor U de 2,126.

Particiones:

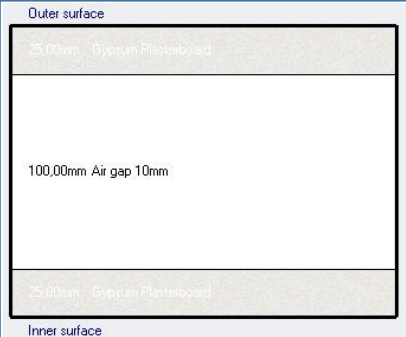
	Outer surface	
	25.00mm Gypsum Plasterboard	
	100.00mm Air gap 10mm	
	25.00mm Gypsum Plasterboard	
	Inner surface	
	Inner surface	
	Convective heat transfer coefficient (W/m ² ·K)	2.152
	Radiative heat transfer coefficient (W/m ² ·K)	5.540
	Surface resistance (m ² ·K/W)	0.130
	Outer surface	
	Convective heat transfer coefficient (W/m ² ·K)	2.152
	Radiative heat transfer coefficient (W/m ² ·K)	5.540
	Surface resistance (m ² ·K/W)	0.130
	No Bridging	
	U-Value surface to surface (W/m ² ·K)	2.857
	R-Value (m ² ·K/W)	0.610
	U-Value (W/m²·K)	1.639
	With Bridging (BS EN ISO 6946)	
	Thickness (m)	0.1500
	Km - Internal heat capacity (KJ/m ² ·K)	22.5000
	Upper resistance limit (m ² ·K/W)	0.610
	Lower resistance limit (m ² ·K/W)	0.610
	U-Value surface to surface (W/m ² ·K)	2.857
	R-Value (m ² ·K/W)	0.610
	U-Value (W/m²·K)	1.639

Figura 52. División en láminas de yeso con cámara de aire 10 cm

Fuente: Design Builder.

Las particiones están compuestas en sus extremos por láminas de yeso con un espesor cada una de 2,5 cm, en el centro una cámara de aire de 10 cm, presentando un valor u equivalente a 1,639.

Placa entre piso:

Inner surface		Inner surface	
30,00mm	Natural rubber	Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	0,342
70,00mm Floor/Roof Screed		Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540
		Surface resistance (m ² -K/W)	0,170
		Outer surface	
100,00mm Cast Concrete		Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	4,460
		Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540
		Surface resistance (m ² -K/W)	0,100
Outer surface		No Bridging	
		U-Value surface to surface (W/m ² -K)	2,041
		R-Value (m ² -K/W)	0,760
		U-Value (W/m²-K)	1,316
		With Bridging (BS EN ISO 6946)	
		Thickness (m)	0,2000
		Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	100,5900
		Upper resistance limit (m ² -K/W)	0,760
		Lower resistance limit (m ² -K/W)	0,760
		U-Value surface to surface (W/m ² -K)	2,041
		R-Value (m ² -K/W)	0,760
		U-Value (W/m²-K)	1,316

Figura 53. División en láminas de yeso con cámara de aire 10 cm

Fuente: Design Builder.

La placa entre piso se compone de tres materiales, uno de ellos es el caucho natural con un espesor de 3 cm, un solado con espesor de 7 cm y una placa de concreto de 10 cm, esta composición presenta un valor U equivalente a 1,316.

Vidrio:

General		Calculated Values	
Name	Sgl Ctr 3mm	Total solar transmission (SHGC)	0,861
Description		Direct solar transmission	0,837
Source	EnergyPlus dataset	Light transmission	0,898
Category	Single	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	5,829
Region	General	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	5,894
Definition method			
Definition method	1-Material layers		
Layers			
Number layers	1		
Outermost pane			
Pane type	Generic CLEAR 3MM		
Flip layer			

Figura 54. Vidrio sencillo de 3mm

Fuente: Design Builder.

El vidrio instalado actualmente en el edificio es un vidrio sencillo de 3mm que contiene un valor equivalente a un U de 5,894 con un total de transmisión SHGC 0,861.

Caracterización del piso 10 bajo parámetros de confort térmico y lumínico.

A continuación se muestra la zonificación del piso 10, este se compone de oficinas abiertas, oficinas cerradas, baños, sala de juntas, también se muestra como parte de las zonas la circulación donde se aloja los ascensores y escaleras.

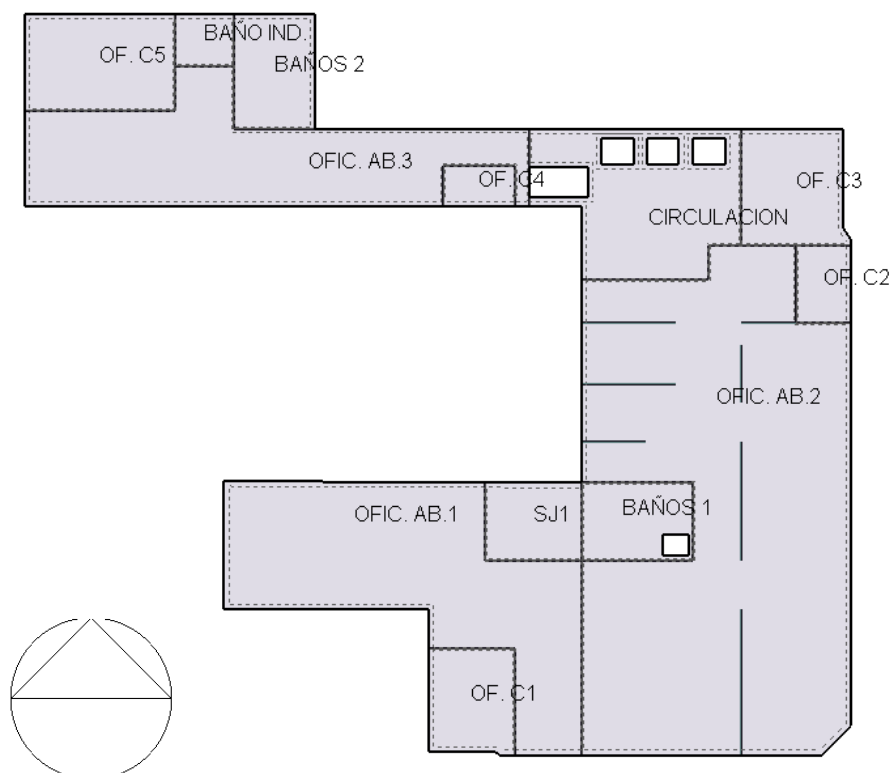


Figura 55. Zonificación del piso 10

Fuente: Design Builder.

La primera caracterización se realiza por medio del software design builder para obtener un diagnostico de las temperaturas al interior de cada espacio del piso 10, adicionalmente de la temperatura promedio del mismo piso, esta simulación se realiza en la semana del 7 al 11 de mayo de 2018, teniendo en cuenta que para esos días se tomaron mediciones en sitio; el nivel de temperatura permite enumerar de menor a mayor las zonas que cuenta con condiciones extremas.

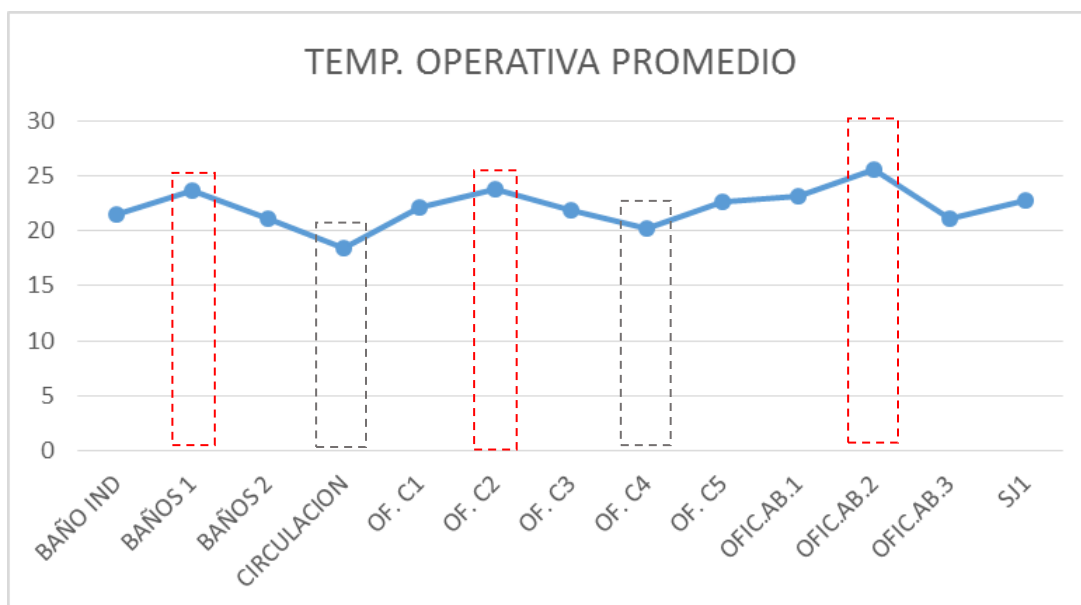


Figura 58. Temperatura promedio por zonas

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 49 se evidencia que la zona mas caliente es la oficina abierta 2, seguido a esta es la oficina c2 y el baño 1 mayor a 23°C, por otro lado se muestra que las temperaturas mas bajas se encuentra en la circulación y la Of. C4 Con valores de menos de 20°C.

La siguiente tabla se elaboró con el fin de evaluar por zonas las horas del día en las que se presenta confort según la norma Ashrae 55 determinando que en espacios como la circulación, oficinas abiertas 2 se encuentran los valores mas bajos de confort del 90%; mientras que en los rangos del 80% de confort planteado en Ahsrae el valor más bajo es del 46,66% presentado en la circulación y con un 54,16% en oficinas abiertas 2.

PISO 10		
CIRCULACION	% CONFORT	
	80%	90%
BAÑO IND	100,00%	90,00%
BAÑOS 1	84,16%	65,00%
BAÑOS 2	97,50%	81,66%
CIRCULACION	46,66%	27,50%
OF. C1	100,00%	97,50%
OF. C2	70,83%	62,50%
OF. C3	100,00%	94,16%
OF. C4	95,00%	65,00%
OF. C5	95,83%	80,83%
OFIC.AB.1	97,50%	70,00%
OFIC.AB.2	54,16%	43,33%
OFIC.AB.3	97,50%	78,33%
SJ1	94,16%	75,00%

Figura 59. Porcentajes de confort

Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido en la figura 50, equivale al cálculo de horas en el que la temperatura se encuentra dentro del rango de confort, es decir, de 18.5°C a 25.5°C es el 80% y de 19.5 °C – 24.5 °C corresponde al 90%. Lo anterior presenta zonas con 46,66% dentro del rango de confort del 80% y un 27,50% dentro del rango de confort del 90%.

Para la segunda caracterización se toma en cuenta cinco días de la semana del 7 al 11 de octubre de 2018, teniendo en cuenta que es la semana extrema de invierno de acuerdo al software design builder, el nivel de temperatura permite enumerar de menor a mayor las zonas que cuenta con condiciones extremas.

7-11 OCTUBRE 2002		
PISO 10		
CIRCULACION	TEMP. OPERATIVA PROMEDIO	NIVEL DE TEMP.
BAÑO IND	19,06	11
BAÑOS 1	22,80	3
BAÑOS 2	19,45	9
CIRCULACION	17,17	13
OF. C1	20,3	8
OF. C2	23,53	2
OF. C3	20,89	5
OF. C4	18,62	12
OF. C5	20,11	7
OFIC.AB.1	21,12	4
OFIC.AB.2	25,37	1
OFIC.AB.3	19,39	10
SJ1	20,77	6
PROMEDIO	20,66	

Figura 60. Temperatura promedio del 7 al 11 de octubre del 2002 del piso 10

Fuente: Elaboración propia.

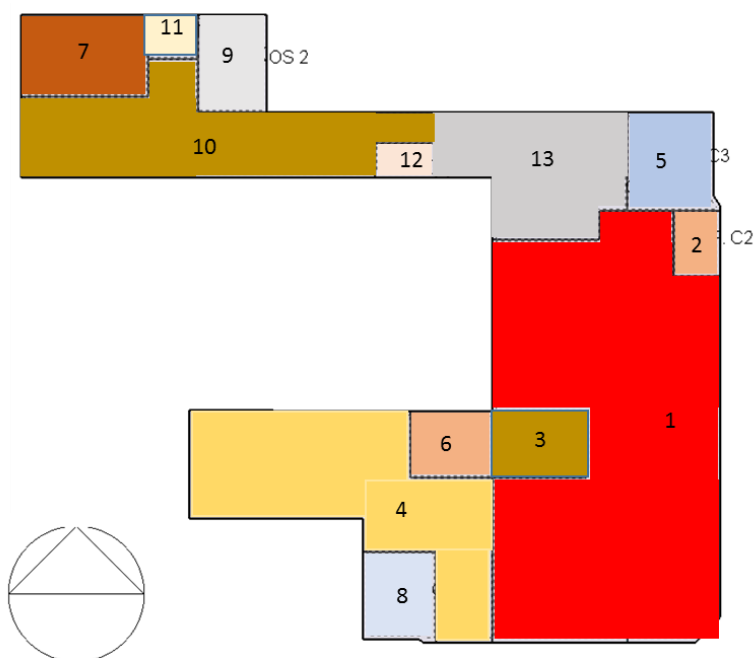


Figura 61. Temperatura por zonas del piso 10

Fuente: Elaboración propia.

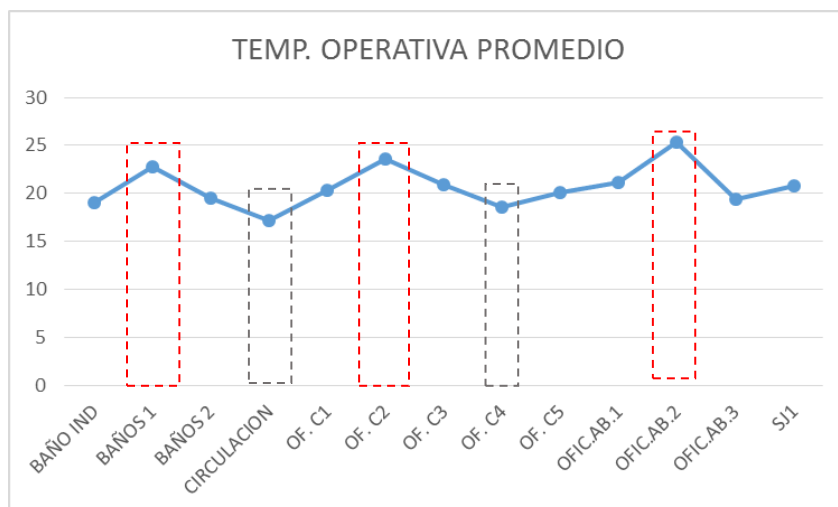


Figura 62. Temperatura promedio por zonas

Fuente: Elaboración propia.

En la grafica anterior se evidencia que la zona con temperaturas mas altas se muestran en la oficina abierta 2, seguido a esta es la oficina c2 y el baño 1, muy contrario a esto las temperaturas mas bajas se evidencia en zonas como la circulación, Of.C4.

PISO 10		
CIRCULACION	% CONFORT	
	80%	90%
BAÑO IND	66,66%	37,50%
BAÑOS 1	100%	87,50%
BAÑOS 2	66,66%	49,16%
CIRCULACION	20%	2,50%
OF. C1	80,83%	65,83%
OF. C2	80,83%	63,33%
OF. C3	92,50%	71,66%
OF. C4	54,16%	28,33%
OF. C5	76,66%	62,50%
OFIC.AB.1	97,50%	80,00%
OFIC.AB.2	50,83%	40,83%
OFIC.AB.3	65,83%	47,50%
SJ1	90,83%	74,16%

Figura 63. Porcentajes de confort

Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido en la figura 53, equivale al cálculo de horas en el que la temperatura se encuentra dentro del rango de confort, es decir, de 18.5°C a 25.5°C es el 80% y de 19.5 °C – 24.5 °C corresponde al 90%. Lo anterior presenta zonas con un 20% dentro del rango de confort del 80% y un 2,5% dentro del rango de confort del 90% registrando como la zona mas baja en confort la circulación seguido de la oficina c4 y la oficina AB2.

Con relación al confort lumínico, y tomando como referencia la norma RETILAP, se determinó que el coeficiente factor luz día para edificación no residencial como oficina se encuentra con un valor de 2, por lo tanto, se realiza un análisis por zona del porcentaje de factor luz diurna promedio, evidenciando que las zonas que no cumplen con lo requerido son la OFIC. AB1, SJ 1, BAÑO 1, CIRCULACION, BAÑOS 2, BAÑO IND, OF.C4.

Bloque	Zona	Factor de Luz Diurna Promedio (%)
OF. C1	Piso 10	2,83
OFIC. AB.1	Piso 10	0,92
OFIC. AB.2	Piso 10	3,09
SJ1	Piso 10	1,43
BAÑOS 1	Piso 10	0
CIRCULACION	Piso 10	0,92
OF. C3	Piso 10	2,65
OF. C2	Piso 10	3,87
OFIC. AB.3	Piso 10	3,32
BAÑOS 2	Piso 10	1,81
BAÑO IND.	Piso 10	0
OF. C5	Piso 10	2,38
OF. C4	Piso 10	1,25
Total		2,37

Figura 64. Factor luz diurna promedio por zonas del piso 10

Fuente: Elaboración propia.

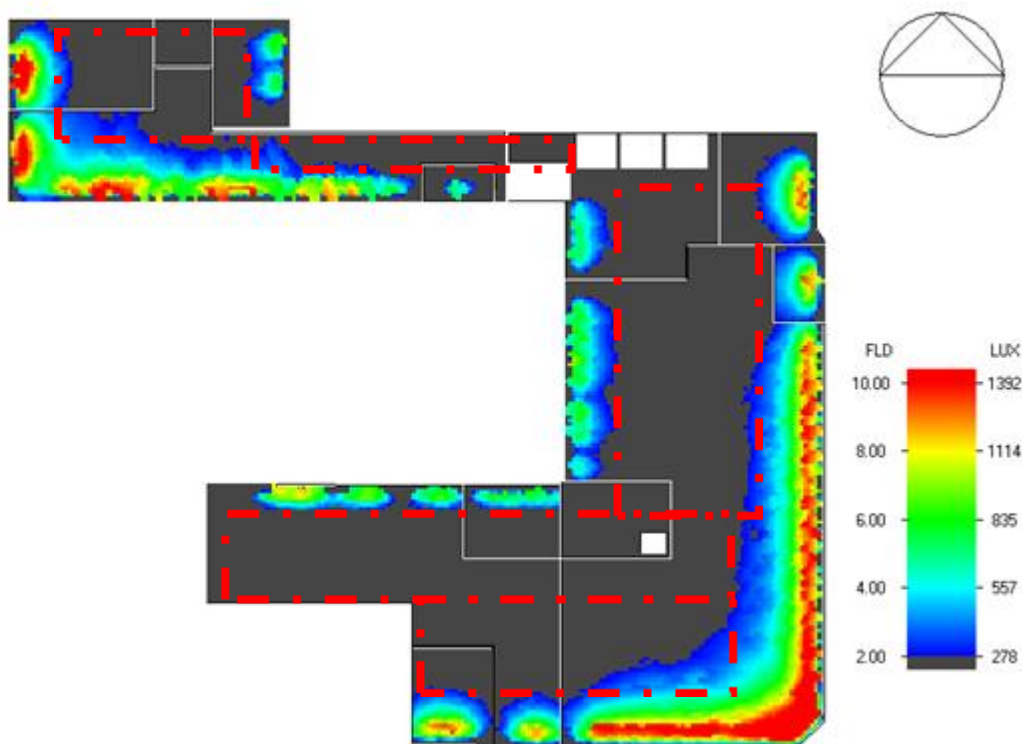


Figura 65. Simulación CFD

Fuente: Desing builder.

El porcentaje de iluminación que entra del exterior al interior del piso 10 se da por el material acristalado tal y como se evidencia en la fachada con zonas hasta de 1392 Lux que va disminuyendo a 278 lux. La iluminación natural no se distribuye de manera equitativa por todo el espacio.

El siguiente análisis de dinámica computacional de fluidos se realiza con aperturas del 50% ya que actualmente en su interior las ventanas se encuentran condicionadas por un elemento que se ancla al marco de las mismas, lo cual evita que se desarrolle un accidente que afecte a las personas que circulan en los andenes por fuera del edificio.

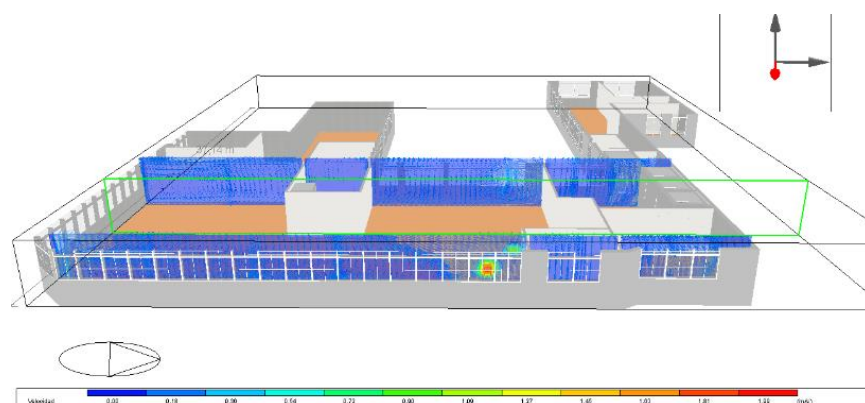


Figura 66. Simulación CFD velocidad de aire con apertura fachada oriente y fachada occidente.

Fuente: Design Builder

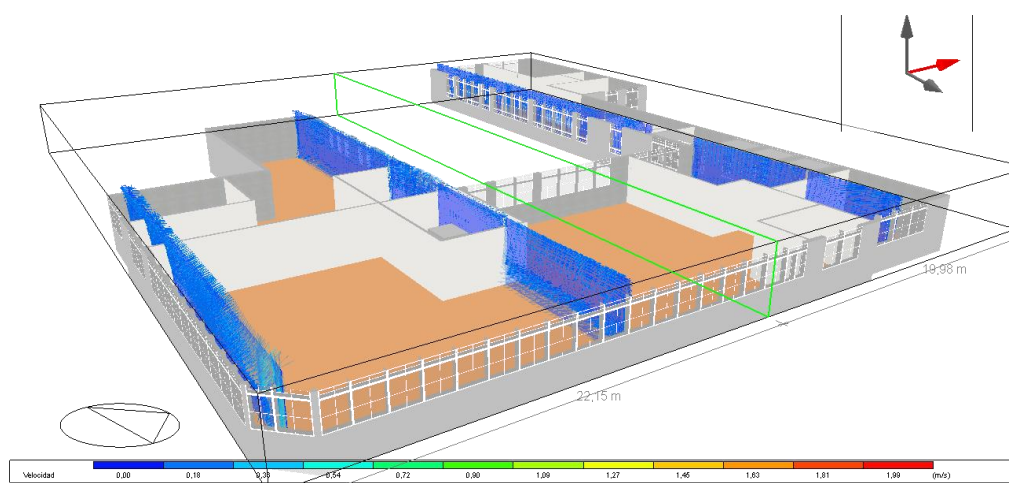


Figura 67. Simulación CFD velocidad de aire apertura fachada oriente- occidente

Fuente: Design Buider

Las aperturas realizadas en la fachada oriente y en la fachada occidente, evidencia que la velocidad del aire es nulo sobre el plano oriente occidente sin embargo la velocidad del aire sobre el plano sur norte alcanza hasta los 0,18 m/s.

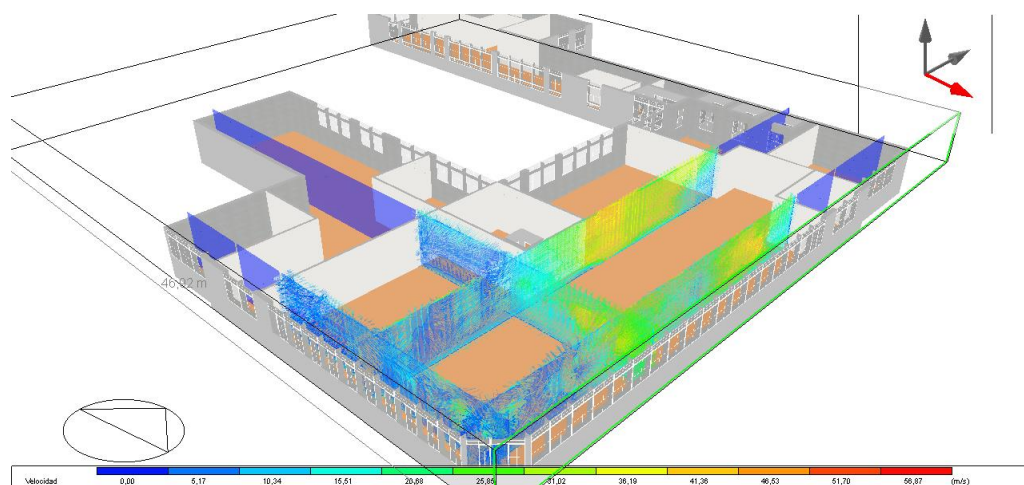


Figura 68. Simulación CFD velocidad de aire apertura fachada norte – sur

Fuente: Design Buidier

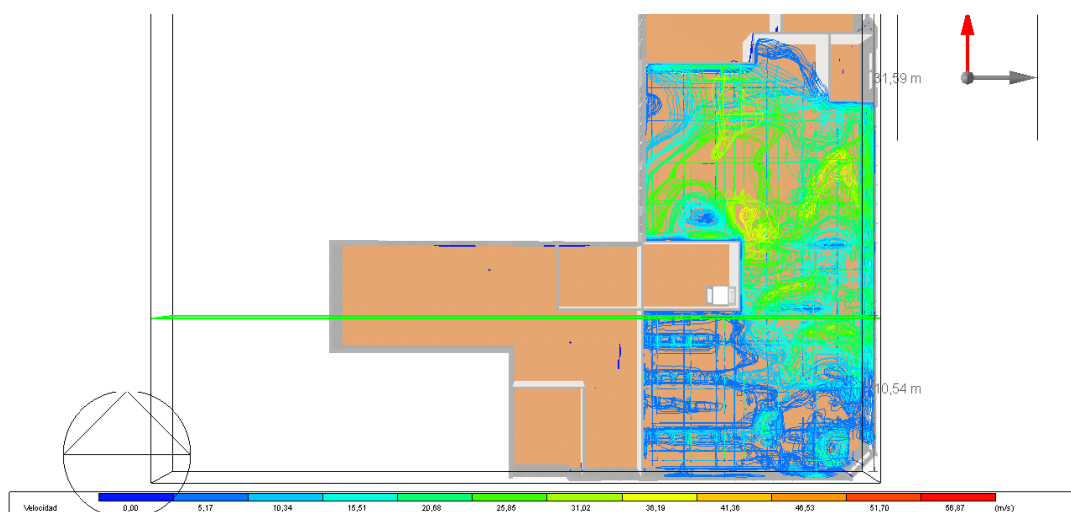


Figura 69. Simulación planta CFD velocidad de aire apertura fachada norte – sur

Fuente: Design Buidier

Las aperturas realizadas en la fachada sur y en la fachada norte, evidencia que la velocidad del aire inicia con 5,17 m/s hasta 41,36 m/s, presentando un movimiento homogéneo únicamente en espacios abiertos, evitando continuidad de aire al resto del piso debido a las particiones internas, aislando las diferentes zonas presentadas en el edificio.

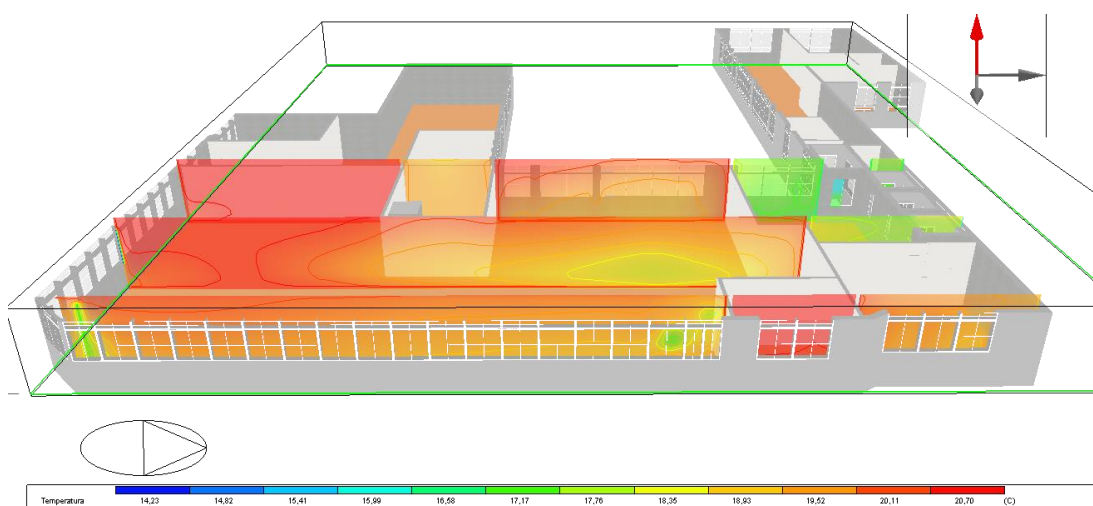


Figura 70. Simulación CFD temperatura apertura fachada oriente – occidente

Fuente: Design Builder.

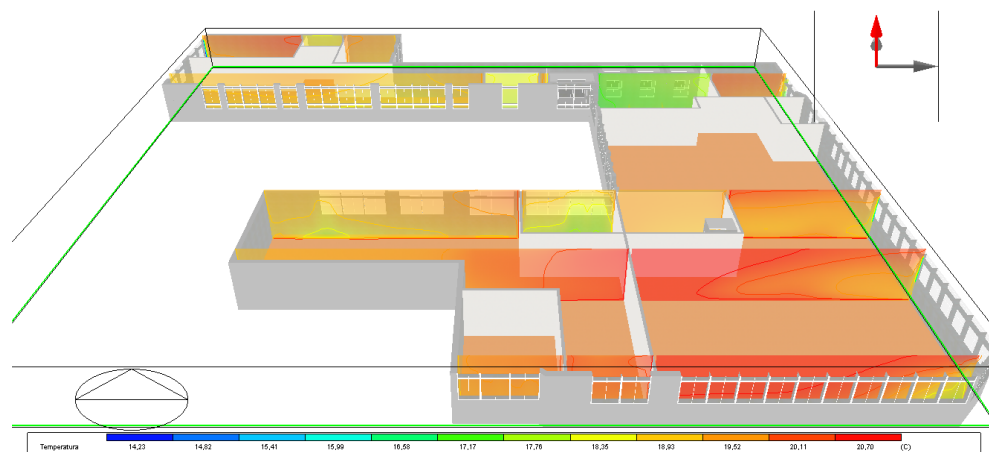


Figura 71. Simulación CFD temperatura apertura fachada oriente – occidente

Fuente: Design Builder.

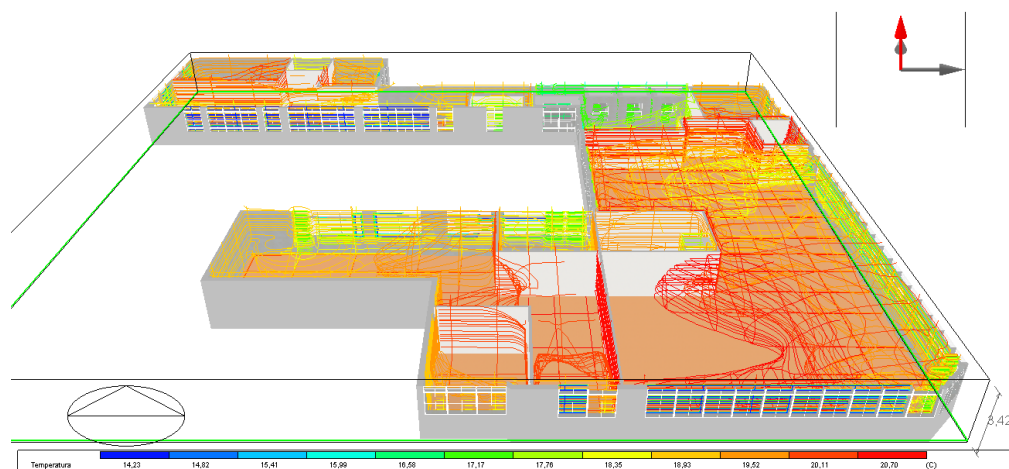


Figura 72. Simulación CFD temperatura apertura fachada oriente – occidente

Fuente: Design Buider.

El análisis de dinámica computacional de fluidos con variables de temperatura evidencia que en la fachada oriente y en la fachada occidente las temperaturas mas altas se presenta en espacios abiertos desde 18,93 °C a 20,70°C y en espacios cerrados la temperatura se reduce hasta 17,76°C., dividiendo el piso 10 en temperaturas heterogéneas por zonificación.

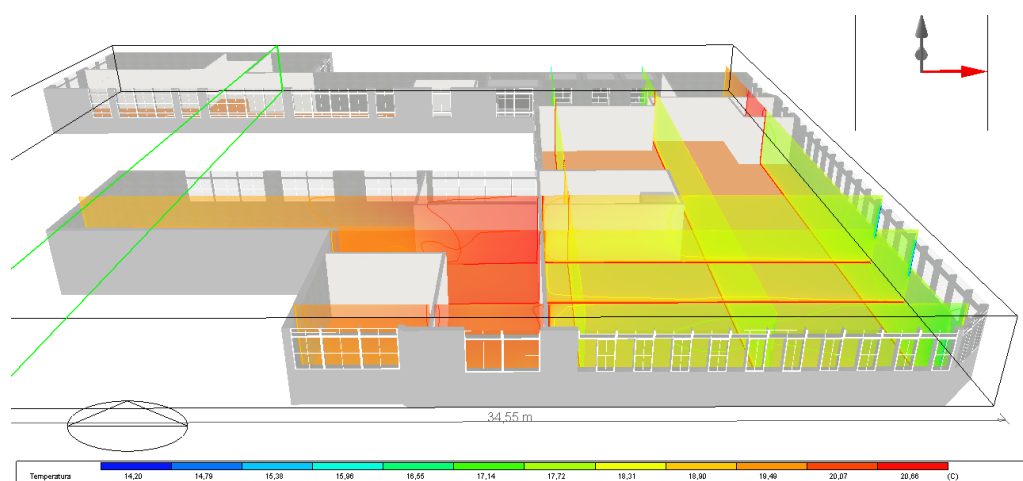


Figura 73. Simulación CFD temperatura apertura fachada sur y fachada norte

Fuente: Design Builder.

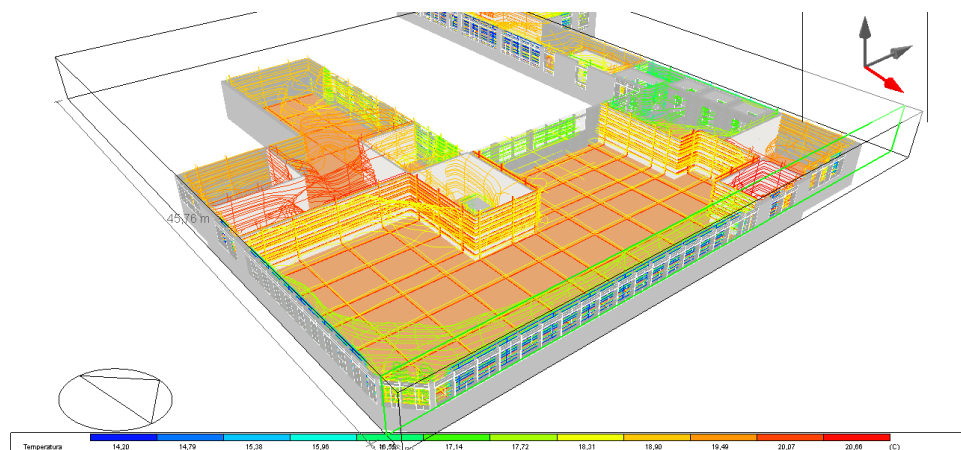


Figura 74. Simulación CFD temperatura apertura fachada oriente y fachada occidente

Fuente: Design Builder.

El análisis de dinámica computacional de fluidos con variables de temperatura evidencia que las condiciones de los espacios con esta variable presenta zonas con temperaturas extremas que van desde 15,96 °C a 20,66 °C, se continua evidenciando un piso con funcionamientos independientes con poca capacidad de manejar las temperaturas en su interior.

A continuación se muestra un cuadro donde se encuentran relacionadas las mediciones realizadas en campo y las simulaciones realizadas con el software design builder.

FECHA	TEMPERATURA GENERAL POR DIA SIMULACION	FECHA	TEMPERATURA GENERAL POR DIA MEDICION
07/05/2002	22,39	07/05/2018	22,38
08/05/2002	22,51	08/05/2018	22
09/05/2002	22,86	09/05/2018	21,87
10/05/2002	22,7	10/05/2018	21,9
11/05/2002	20,32	11/05/2018	21,94

Figura 75. Cuadro comparativo de temperaturas simulación vs mediciones

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 66 se puede evidenciar que la diferencia entre las temperaturas tomadas mediante simulación y las mediciones en sitio se encuentran en un rango aceptable; se debe considerar que dicha variación se da debido a que el software de simulación toma en cuenta que cada uno de los sistemas tiene un uso del 100% durante las horas laborales, a diferencia de la medición real (en sitio), la cual muestra intervalos o saltos térmicos, que permiten evidenciar el uso no constante de cada uno de los equipos. Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta una correcta relación entre los valores obtenidos mediante la medición en campo y las simulación por medio del software design builder, considerando los factores internos y externos que influye en cada uno de estos.

6. Propuesta

Con base en el diagnostico realizado en el desarrollo del proyecto, y en aras del cumplimiento de los objetivos del proyecto de investigación se plantean las siguientes propuestas de materialidad.

Vidrio en fachadas norte, sur y occidente:

Fuente	EnergyPlus dataset
Categoría	Doble
Región	General
Método de definición	
Método de definición	1-Material layers
Capas	
Número de capas	2
Vidrio exterior	
<input type="checkbox"/> Tipo de hoja <input type="checkbox"/> Voltear capa	Generic CLEAR 6MM
Gas de ventana 1	
<input checked="" type="checkbox"/> Tipo de gas de ventana	AIR 13MM
Vidrio interior	
<input type="checkbox"/> Tipo de hoja <input type="checkbox"/> Voltear capa	Generic CLEAR 6MM

Valores Calculados	
Transmisión solar total (SHGC)	0,703
Transmisión solar directa	0,604
Transmisión de luz	0,781
Valor-U (ISO 10292/ EN 673) (W/m²·K)	2,785
Valor U (ISO 15099 / NFRC) (W/m²·K)	2,665

Figura 76. Vidrio doble generic clear 6mm con cámara de aire 13mm

Fuente: Design Builder.

El vidrio para exteriores que mejor responde por su composición es el vidrio doble generic clear de 6mm con cámara de aire de 13 mm presentando un valor U de 2,665 y un valor SHGC de coeficiente de ganancia de calor solar de 0,70; optimizando su capacidad para reducir la conducción de la temperatura presentada entre el exterior al interior.

Fachada oriente:

Descripción	EnergyPlus dataset
Fuente	EnergyPlus dataset
Categoría	Doble
Región	General
Método de definición	1-Material layers
Método de definición	1-Material layers
Capas	
Número de capas	2
Vidrio exterior	
<input type="checkbox"/> Tipo de hoja	Generic CLEAR 6MM
<input type="checkbox"/> Voltear capa	
Gas de ventana 1	
<input type="checkbox"/> Tipo de gas de ventana	AIR 13MM
Vidrio interior	
<input type="checkbox"/> Tipo de hoja	Generic GREY 6MM
<input type="checkbox"/> Voltear capa	

Valores Calculados	
Transmisión solar total (SHGC)	0.62
Transmisión solar directa	0.354
Transmisión de luz	0.381
Valor-U (ISO 10292/ EN 673) (W/m²·K)	2.785
Valor U (ISO 15099 / NFRC) (W/m²·K)	2.665

Figura 77. Vidrio doble generic clear 6mm con cámara de aire 13mm y un vidrio interior generic grey 6mm

Fuente: Design Builder.

Se plantea para la fachada oriente un vidrio que de acuerdo a su composición responderá a la mayor radiación generada en horas de la mañana; el vidrio doble generic clear de 6mm con cámara de aire de 13 mm y un vidrio interior generic grey de 6mm, presenta un valor U de 2,66 y un valor SHGC de coeficiente de ganancia de calor solar de 0,62 reduciendo aun mas su capacidad de transmisión de calor.

Particiones:

Categoría	Proyecto
Región	COLOMBIA
Método de definición	1-Capas de materiales
Método de definición	1-Capas de materiales
Capas	
Número de capas	2
Vidrio exterior	
<input type="checkbox"/> Tipo de hoja	Generic CLEAR 3MM
<input type="checkbox"/> Voltear capa	
Gas de ventana 1	
<input type="checkbox"/> Tipo de gas de ventana	AIR 12MM
Vidrio interior	
<input type="checkbox"/> Tipo de hoja	Generic CLEAR 3MM
<input type="checkbox"/> Voltear capa	

Valores Calculados	
Transmisión solar total (SHGC)	0.763
Transmisión solar directa	0.705
Transmisión de luz	0.812
Valor-U (ISO 10292/ EN 673) (W/m²·K)	2.877
Valor U (ISO 15099 / NFRC) (W/m²·K)	2.735

Figura 78. Vidrio doble generic clear 3mm con cámara de aire 12mm

Fuente: Design Builder.

Se propone eliminar las particiones con superficie densas por divisiones en vidrio doble generic clear 3mm con cámara de aire de 12mm, lo cual permitirá un intercambio de temperaturas entre los distintos espacios presentados en el piso 10, el valor U 2,73 del vidrio evitará individualizar cada espacio y convertirlo en una zona homogénea.

Con relación al diagnostico de la zonificación realizado en el desarrollo del proyecto, se plantea la siguiente zonificación:

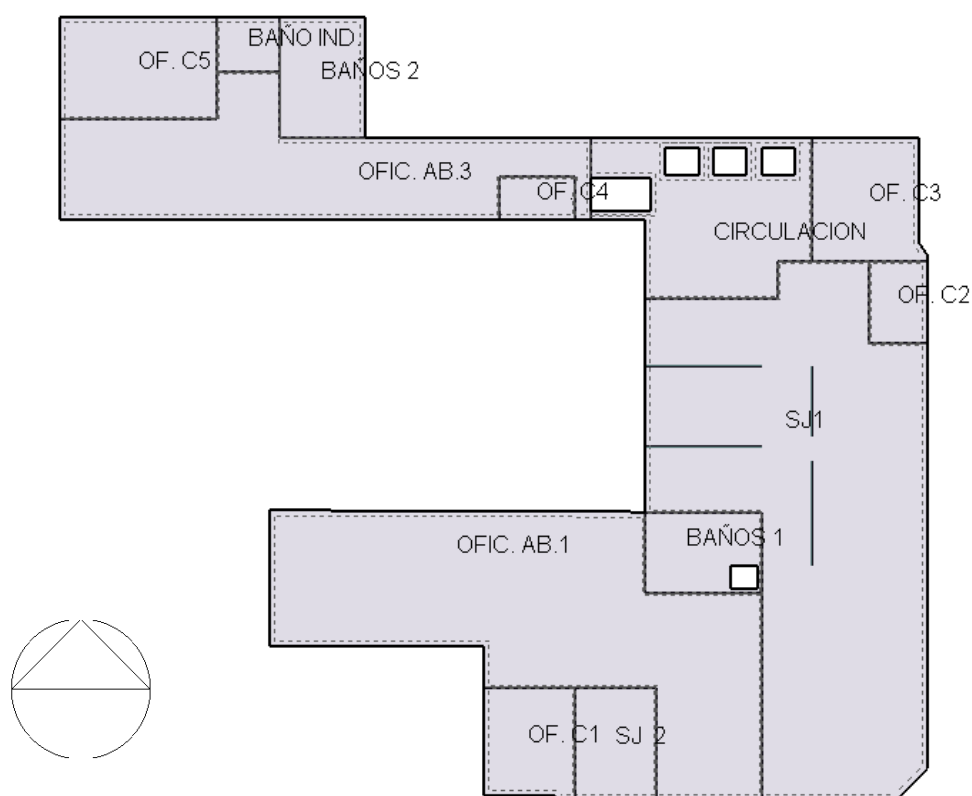


Figura 79. Zonificación del piso 10

Fuente: Design Builder.

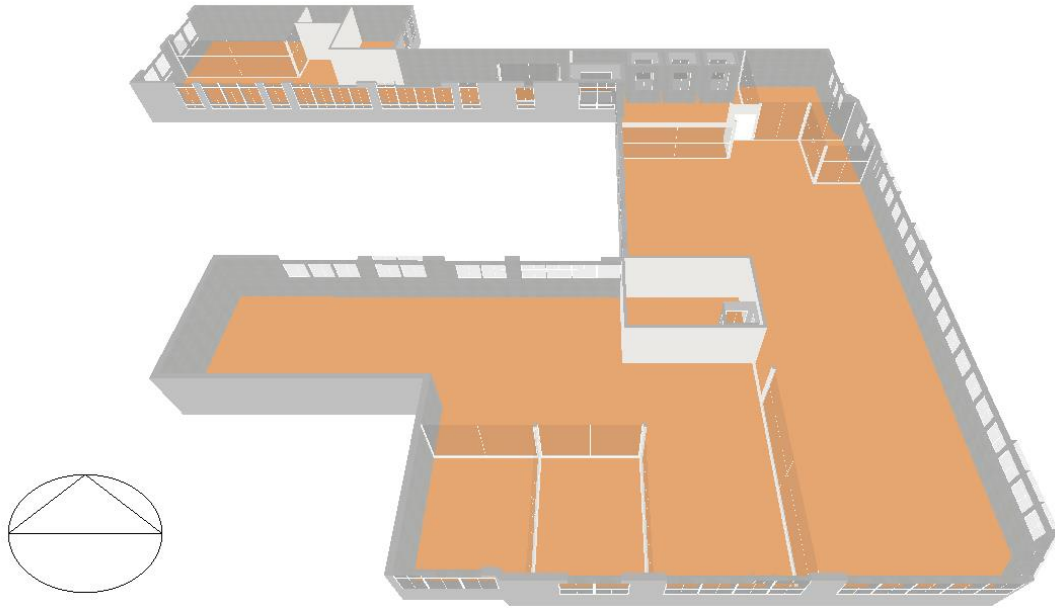


Figura 80. Zonificación del piso 10

Fuente: Design Builder.

Se propone una modificación en el ala oriente; se plantea ubicar la SALA DE JUNTAS seguido de la sala OF. C1, en consideración a las temperaturas tomadas durante el diagnostico y el porcentaje de confort, por lo anterior el resultado de la zonificación ofertada se describen los siguientes valores:

ESPACIO	TEMPERATURA OPERATIVA
BAÑO IND	19,16
BAÑO 1	18,96
BAÑOS 2	19,19
CIRCULACION	19,22
OF.C1	19,65
OF.C2	20,20
OF.C3	19,79
OF.C4	18,93
OF.C5	19,57
OFIC.AB1	19,22
OFIC.AB3	18,93
SJ	20,02
OFIC.AB2	19,22
T. PROMEDIO	19,39

Figura 81. Temperatura operativa por zonas

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de temperatura, se analizaron las variables climáticas de la semana del 7 al 11 de octubre, ya que para las mediciones en sitio se ubicaron las herramientas de control durante la misma fecha demostrando una temperatura exterior promedio de 13,66 °C, adicionalmente, durante el diagnostico se evidenció una temperatura promedio para el edificio de 22,15°C y de acuerdo a los resultados de las encuestas tomadas el 50% de los encuestados les gustaría sentirse igual, un 40% les gustaría que su lugar de trabajo fuera un poco mas frio y un 10% mucho mas frio.

Para determinar el rango de confort con la aplicación de las propuestas, se identificó inicialmente las horas laborales, seguido a esto las horas laborales que se encuentran entre temperaturas 18,5 °C y 25,5°C, rango estipulado por la norma Ashrae 55 para el clima de Bogotá con una temperatura promedio de 13,5 °C, y por ultimo se halló un porcentaje: resultado del total de horas laborales por las horas en confort según la norma, por lo anterior, se determino lo siguiente:

ESPACIO	RANGO DE CONFORT
BAÑO IND	86%
BAÑO 1	95%
BAÑOS 2	98%
CIRCULACION	98%
OF.C1	98%
OF.C2	100%
OF.C3	97,72%
OF.C4	95,45%
OF.C5	95,45%
OFIC.AB1	97,72%
OFIC.AB3	90,90%
SJ	95,45%
OFIC.AB2	97,72%
RANGO PROMEDIO	96%

Figura 82. Rango de confort

Fuente: Elaboración propia

La figura 82 explica que por zona mínimo un 86% y máximo el 100% se encuentra dentro de los rangos de confort de acuerdo a la norma Ashrae 55, encontrando que el 96% de las horas de uso del edificio se encuentra dentro del promedio de confort.

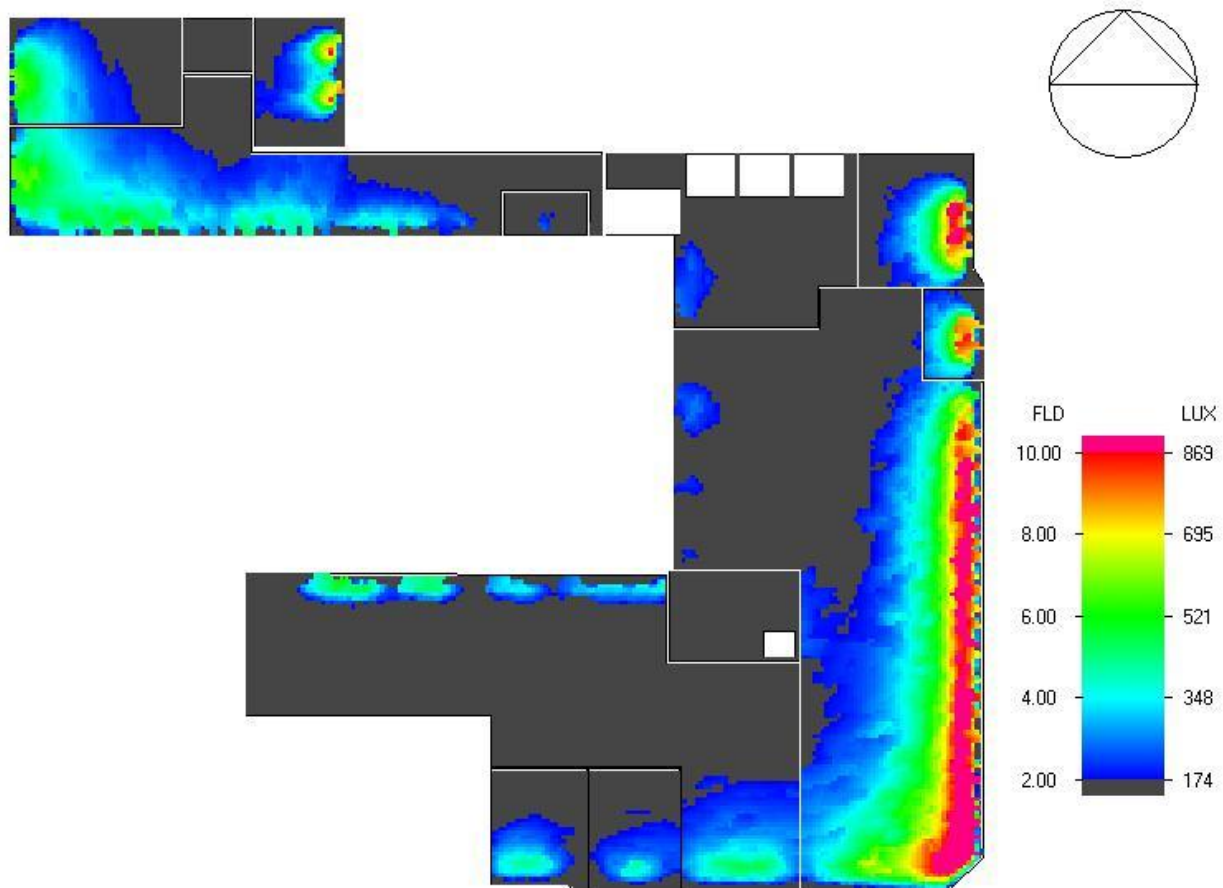


Figura 83. Simulación iluminación natural del piso 10

Fuente: Design Builder.

Para el cumplimiento de la norma RETILAP, se consideró necesario que las divisiones internas se reemplazaran por vidrio, de esta manera permitirá que la iluminación natural recibida desde el exterior se propague por las diferentes zonas del piso, por lo tanto en la figura 75 se demuestra una cantidad máxima de 869 lux para oficinas abiertas y para oficinas cerradas máximo de 521 lux.

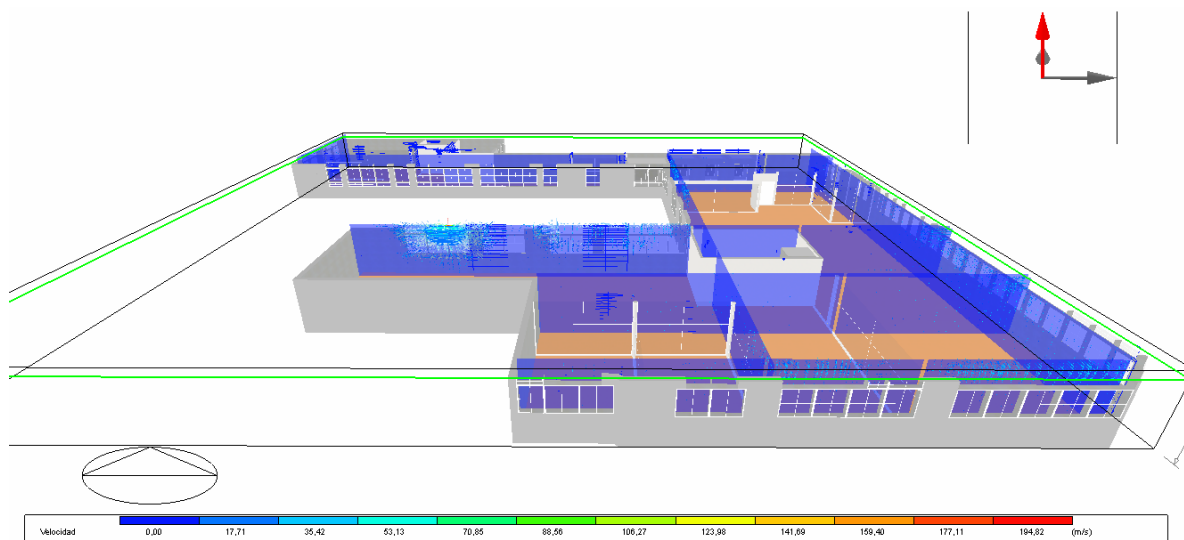


Figura 84. Simulación CFD velocidad del piso 10

Fuente: Design Builder.

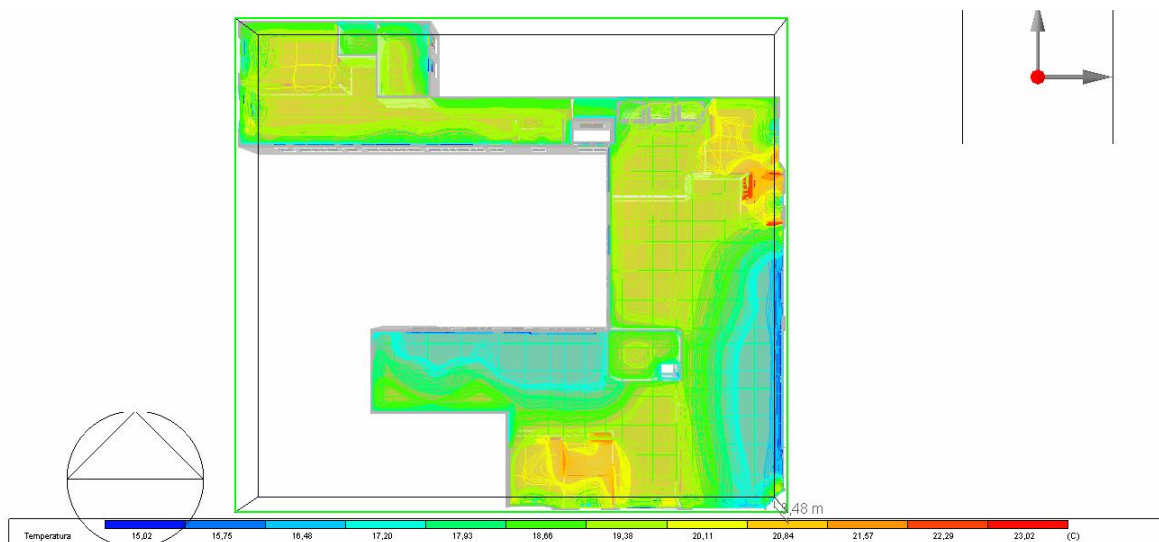


Figura 85. Simulación CFD temperatura del piso 10

Fuente: Design Builder.

Para la simulación de CFD de temperatura y de velocidad del viento, se tiene en cuenta una apertura del 4% con relación a la zona de trabajo tal y como lo menciona la norma AHSRAE

62,1, por lo anterior en la figura 73 se evidencia un movimiento de aire mínimo de 17,71 m/s y máximo de 53,13 m/s, con temperaturas de 22,29 °C.

Esto demuestra un flujo de aire continuo y homogéneo que gracias al material divisorio, perpetua por los demás espacios consiguiendo temperaturas dentro del rango de confort.

En consideración a la optimización energética, se realiza la siguiente propuesta para disminuir el consumo energético del piso 10, para ello se analiza sistemas modernos de bajo consumo que sustituirán los que actualmente se encuentran instalados, para ello se presenta la siguiente tabla especificando la potencia de cada uno de ellos.

PROPUESTA								
GRUPO	NOMBRE DEL EQUIPO	UBICACIÓN	UND	POTENCIA	USO HORAS	USO DÍAS	CANTIDAD	CARGA/CONSUMO Kwh/año
ASCENSORES	OTIS GEN 2 CONFORT	CIRCULACION	KW	6	14	288	3	9.072
ELECTRODOMESTICOS	HORNO MICROONDAS	CAFETERIA	KW	0,8	2,5	288	2	1152
ILUMINACION	BAJO CONSUMO	OFICINA	KW	0,027	7	288	106	5770
	BAJO CONSUMO	BAÑOS	KW	0,015	7	288	11	332,64
EQUIPOS	PC DELL	OFICINAS	KW	0,28	8,5	288	110	75398,4
	FOTOCOPIADORA/IMPRESORA		KW	0,63	8,5	288	3	4626,72
	VIDEO BEAM	SALA DE JUNTAS	KW	0,04	4	288	3	138,24
CONSUMO TOTAL								96.490

Figura 86. Propuesta para la optimización del consumo

Fuente: Design Builder.

De acuerdo a los 4 parámetros de consumo analizados al inicio del desarrollo que son: Ascensores, electrodomésticos, iluminación y equipos; se identificaron los sistemas que generan mayor consumo, por lo tanto, como propuesta para la reducción del consumo energético y en cumplimiento a la norma colombiana resolución 0549, se propone la modernización de los ascensores, presentando el ultimo sistema otis gen 2 confort que sustituye el sistema hidráulico convencional por sistema con tecnología de ultima generación, por otro lado se propone la instalación de horno microondas de bajo consumo, bombillas ahorradoras de energía essential

para baños, tubos T8 tubos fluorescentes deluxe para oficinas y equipos con valores de potencia bajos.

Con base a la propuesta proporcionada se concluye que de acuerdo al cumplimiento de la norma Ashrae 62.1 se prueba que la aplicación de las mejores practicas garantiza una buena circulación de aire al interior de cada zona implantada en el proyecto, para esto se determinó que las ventanas sean fijas y que la apertura se de en la ventana superior que corresponda al 4% de apertura con respecto al área de cada zona.

Para determinar la mejor zonificación del piso y de acuerdo al diagnostico de confort desarrollado inicialmente, se presentaron las áreas con rangos de confort adaptativo el cual determino que por su volumetría la fachada con mayor incidencia se ubica hacia el oriente, por lo tanto la zona ubicada hacia esa dirección presenta saltos térmicos considerables que generan discomfort con temperatura operativa hasta de 25,59 °C, cabe mencionar que el uso del área ubicada en la fachada oriente corresponde a oficinas abiertas, por lo tanto se considera necesario mantener la misma área, la modificación realizada con relación al modelo base se plasmo en la sala de juntas, estas se ubicó hacia la fachada sur buscando una mejor temperatura lo cual se logro reducir de 22,83°C a 21,02°C.

En consideración al componente de iluminación y en atención a la norma retlap, como propuesta se decidió sustituir el vidrio sencillo de 3mm ubicado en la fachada oriente actualmente instalado por un vidrio con capacidad de retener la temperatura y reducir la radiación solar que de acuerdo al diagnostico presentado en la figura 55, el valor máximo obtenido es de 1392 lux proveniente del exterior. La característica solicitada corresponde a un cristal doble generic clear de 6mm con cámara de aire de 13 mm y luego un cristal generic grey de 6mm, este material contiene un valor shgc de 0,62 y un valor u de 2.66 w/m2.k, lo que permite que la radiación no

sea directa al interior del espacio del piso 10 si no que este sea mostrado uniformemente sobre el espacio tal como se muestra en la figura 72.

Por otro lado, en las fachadas restantes se propuso el reemplazo del vidrio por un cristal doble generic clear de 6mm con cámara de aire de 13 mm y luego un cristal generic clear de 6mm, que mostro un comportamiento igualmente homogéneo reduciendo la intensidad lumínica generada por la radiación solar cumpliendo con los requisitos de la norma para oficinas cerradas y oficinas abiertas.

se realizo un análisis del material que conforma las divisiones de áreas zonificadas al interior del piso 10, se encontró un hermetismo con relación a las temperaturas diagnosticadas por zona, debido a esto se propone sustituir las divisiones en drywall por divisiones en vidrio de generic clear de 6mm con cámara de aire de 13mm, de esta manera se pudo evidenciar un piso con climas homogéneos permitiendo la transmitancia térmica por medio del material divisorio en su interior mostrando una reducción en la temperatura promedio de 3 °C entre el diagnostico inicial y la propuesta final presentando zonas desde un 95% hasta un 100% de confort de acuerdo a la normatividad Ashrae 55.

Por último, se realiza el análisis correspondiente al consumo energético, como resultado se obtuvo una optimización del 30% con relación al consumo actual proponiendo la modernizando de los ascensores y sustituyendo la iluminación convencional por iluminación led y de bajo consumo, adicionalmente se reemplaza equipos computacionales convencionales por sistemas de nueva generación que evidencia menor potencia que el actual.

En conclusión, la optimización del confort se logra tomando como punto de partida la normatividad vs el diagnóstico del modelo base que lograr direccionarnos a unas estrategias

pasivas que se replican en 14 pisos en condiciones equivalentes que reducen y mejoran el rendimiento energético del edificio Bancol.

Referencias

- García, C; Barrera, X; Gómez, R. & Suárezm, R. (2015). El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21. Bogotá: WWF-Colombia.
- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, problemas y estrategias. DEARQ, 4(9), 14-23.
- Ashrae. (2013). Ashrae 55 DE 2013 “Termal Evironmental Conditions For Human Occupancy”. Recuperado de: http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/standard-55_2003.pdf
- Alcaldía de Bogotá. (2001). El decreto 606 de 2001 “por medio del cual se adopta el inventario de algunos bienes de interés cultural, se define la reglamentación de los mismos y se dictan otras disposiciones”. Bogotá: La Alcaldía.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). Resolución 2001 de 2010, Por el cual se delimitan cartográficamente los sectores de la ciudad en los que procede el uso del plano de manzana catastral y se dictan otras disposiciones. Bogotá: La Alcaldía.
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers. (2004). ASHRAE 55 de 2004. Recuperado de: http://www.aicarr.org/Documents/Editoria_Libri/ASHRAE_PDF/STD55-2004.pdf
- Arango, S. (1989). Historia de la Arquitectura en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Assiego, R. (2013). Rehabilitación Sostenible. Recuperado de: http://www.masterdomotica.uma.es/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=44&Itemid=146&lang=es

Celis, F. (2000). *Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2012). *Construcción Sostenible: Una Agenda para Colombia*. Bogotá: CCCS.

Damián, B., Kuchen, E., Alamino, Y. & Alonso, A. (s.f). Evaluación de modelos de confort térmico para interiores. Recuperado de: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/2740>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2016). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero. Recuperado de: <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/11-2016-colombia-aumento-en-15-sus-emisiones-de-co2>

Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014). Cambio climático. Recuperado de: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

Koolhaas, R. (2011). *La ciudad genérica*. Barcelona: Gustavo Gili.

Martínez, A., Tort, I., Mendoza, C., Cerra, S. & Vivancos, J. (2015). Thermal Comfort and Occupants' Feedback. Literature Review in Historical and Non-Historical Buildings. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/290994793_Thermal_Comfort_and_Energy_Efficiency_in_Historic_Buildings_with_New_Uses

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Colombia presenta su compromiso de reducir en un 20% las emisiones de Gases Efecto Invernadero. Bogotá: El Ministerio.

Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). Decreto 763 de 2009, por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material”. Bogotá: El Ministerio.

Ministerio de Cultura. (2009). Planes especiales de manejo y protección. Bogotá: El Ministerio.

Ministerio de Cultura de Colombia. (2016). Nuestro patrimonio. Bogotá: El Ministerio.

Ministerio de Minas y Energía. (2010). Resolución 18 0540 del 30 de marzo de 2010, “por el cual se modifica el reglamento técnico de iluminación y alumbrado publico RETILAP, se establecen los requisitos de eficacia mínima y vida útil de las fuentes lumínicas y se dictan otras disposiciones”. Bogotá: El Ministerio.

Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial. (2015). Resolución 0549 del 10 de Julio de 2015 “por el cual se reglamente el capítulo 1 del título 7 de la parte 2, del libro 2 del decreto 1077 de 2015. Bogotá: El Ministerio.

Munjeri, D. (2008). “Patrimonio Material e Inmaterial: de la Diferencia a la Convergencia”, Museum International, 221-222.

Olgyay, V. (1963). Design with Climate. Princeton, New Yersey. Princeton University Pres. Reeditado GG 1999. Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Recuperado de: <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1447/Monograf%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Ciudades sostenibles partir de la innovación y el emprendimiento. Recuperado de:

http://fenalcosolidario.com/sites/default/files/ciudades_sostenibles_oscar_ocampo.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2013). Salud mental: un estado de bienestar. Recuperado de:

http://www.who.int/features/factfiles/mental_health/es/

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero. Recuperado de:

http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INFORME_III_Caracterizacion_energetica_VerPub.pdf

Riascos, A. (2013). Gestión para el Proyecto de Reutilización Arquitectónica Sostenible. Trabajo de Maestría. Santiago de Cali. Cali, Colombia.

Sánchez, D., Rubio, C., Marrero, M., Guevara, F. & Canivell, J. (2017). El control adaptativo en instalaciones existentes y su potencial en el contexto del cambio climático. Revista Hábitat Sustentable 7(2), 7-17.

Secretaria Distrital de Planeación Bogotá. (2010). Plantación del proyecto. Bogotá: Secretaria Distrital de Planeación Bogotá.